

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Trabajo de titulación previa a la obtención del título de:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**TEMA:  
ALTERACIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA Y LA REPELENCIA DEL  
SUELO AL AGUA EN UNA ZONA AFECTADA POR INCENDIOS  
FORESTALES EN PARTE DE LA MICROCUENCA DEL SALOYA.**

**AUTORA:  
CARMEN AMANDA RIVERA GÁRATE**

**DIRECTOR:  
CARLOS ANDRÉS ULLOA VACA**

**Quito, febrero del 2015**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.**

Yo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de la autora.

Quito, febrero 2015.

---

Carmen Amanda Rivera Gárate  
1720062726

## **DEDICATORIA**

A la sabiduría, libertad y amor.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre, padre, hermanos, hermanas, pareja, familiares y amigos, por toda su predisposición y ayuda; a mi Director de Tesis por su guía, asesoría que permitió culminar con éxito el trabajo de grado.

## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>3</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
1.1 El Suelo .....	3
1.2 Clasificación de suelos .....	3
1.3 Erosión del suelo .....	4
1.4 Importancia de la materia orgánica en el suelo .....	4
1.5 Generalidades y efectos de incendios forestales en el suelo. ....	5
1.5.1 Repelencia al agua.....	6
1.5.2 Efectos a nivel del agua.....	11
1.6 Registro de incendios forestales en Quito 2012 .....	12
1.7 Ocurrencia y propagación de incendios forestales. ....	16
1.8 Marco Legal .....	21
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>24</b>
<b>UBICACIÓN .....</b>	<b>24</b>
2.1 Ubicación Política Territorial .....	24
2.2 Ubicación Geográfica.....	26
2.3 Condiciones Agroecológicas .....	26
2.3.1 Clima .....	26
2.3.2 Temperatura del aire .....	28
2.3.3 Humedad Relativa .....	28
2.3.4 Viento .....	28
2.3.5 Precipitación .....	28
2.4 Suelo .....	29

2.4.1	Relieve .....	29
2.4.2	Geología .....	31
2.4.3	Clasificación del Suelo .....	33
2.4.4	Aptitud Agrícola .....	33
2.4.5	Conflictos de Uso .....	35
2.4.6	Cobertura Vegetal .....	36
2.5	Hidrografía .....	37
2.6	Ecosistemas .....	38
2.7	Flora.....	39
2.8	Fauna .....	40
<b>CAPÍTULO 3.....</b>		<b>41</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>		<b>41</b>
3.1	Materiales y Equipos .....	41
3.1.1	Equipo y materiales de Campo.....	41
3.1.2	Equipo, materiales y reactivos de laboratorio .....	41
3.2	Métodos .....	42
3.2.1	Metodología de para determinar el sitio de muestreo .....	42
3.2.2	Metodología de muestreo. ....	43
3.2.3	Metodología de Análisis de Laboratorio .....	44
3.2.3.1	pH.....	44
3.2.3.2	Textura .....	44
3.2.3.3	Carbono Orgánico .....	45
3.2.3.4	Nitrógeno Orgánico .....	45
3.2.3.5	Repelencia al Agua .....	45
3.2.4	Metodología de Análisis Estadístico. ....	46
3.2.5	Metodología de Presentación de Resultados en un SIG .....	46
3.2.6	Metodología de Difusión de Resultados.....	46

<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>48</b>
<b>MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO .....</b>	<b>48</b>
4.1 Preparación de muestras .....	48
4.2 Humedad del Suelo .....	48
4.3 pH del Suelo .....	49
4.4 Textura.....	50
4.5 Conductividad Eléctrica .....	55
4.6 Carbono Orgánico .....	56
4.7 Materia Orgánica .....	57
4.8 Nitrógeno.....	57
4.9 Repelencia al Agua.....	60
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>63</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
5.1 pH .....	63
5.2 Granulometría.....	65
5.3 Materia Orgánica .....	65
5.4 Repelencia al Agua.....	68
5.5 Presentación de resultados mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG). 71	
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>82</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>84</b>
<b>LISTA DE REFERENCIAS .....</b>	<b>86</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>89</b>
Anexo 1. Resultados de Análisis Experimental Zona 1. ....	89
Anexo 2. Resultados de análisis de repelencia al agua desarrollado por el método MED zona 1. ....	93
Anexo 3. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método MED testigo 1. ....	94

Anexo 4. Resultados de análisis experimental zona 2. ....	95
Anexo 5. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método WDPT zona 2. .....	98
Anexo 6. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método WDPT testigo 2. .....	99
Anexo 7. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método MED zona 2. .....	100
Anexo 8. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método MED testigo 2. ....	101
Anexo 9. Archivo Fotográfico .....	102



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Interacción del suelo con el agua.....	7
Figura 2. Tensión superficial entre varias fases y ángulo de contacto.....	8
Figura 3. Superficie y número de incendios por parroquia DMQ.....	15
Figura 4. Amenaza potencial de incendios forestales.....	17
Figura 5..Factor predisponente incendios forestales DMQ.....	18
Figura 6. Incendios Forestales DMQ 2008 y 2009.....	19
Figura 7. Incendios Forestales DMQ 2010 y 2011.....	19
Figura 8. Ocurrencia y Propagación de Incendios Forestales DMQ.....	20
Figura 9. Ubicación del Área de Estudio.....	25
Figura 10. Imagen Saletital zona de estudio.....	25
Figura 11. Clima de la zona de estudio.....	27
Figura 12. Mapa de relieve de la zona de Guarumal – Distrito Quito Sur.....	30
Figura 13. Mapa de Geología de la Zona de Guarumal – Distrito Quito Sur.....	32
Figura 14. Clasificación taxónimica del suelo.....	33
Figura 15. Mapa de aptitudes agrícolas Zona de estudio.....	34
Figura 16.Mapa de conflictos de uso Distrito Quito Sur.....	35
Figura 17. Mapa de cobertura vegetal zona de estudio.....	36
Figura 18. Mapa de microcuencas hidrográficas zona de estudio.....	37
Figura 19. Mapa de ecosistemas zona de estudio.....	38
Figura 20. Imagen satelital zona 1 de estudio.....	43
Figura 21. Imagen satelital zona 2 de estudio.....	44
Figura 22. Secado de las muestras de suelo.....	48
Figura 23. Análisis de pH en laboratorio.....	49
Figura 24. Análisis de textura.....	51
Figura 25. Suspensión restante.....	51
Figura 26. Triángulo de texturas de suelos.....	53
Figura 27. Distribución del pH en la zona 1 y zona 2 (en áreas afectadas).....	64
Figura 28. Distribución de conductividad eléctrica.....	64
Figura 29. Gráfico de líneas de porcentaje de Carbono Zona 1 y Zona 2.....	66
Figura 30. Tendencia de nitrógeno zona 1 y zona 2.....	67
Figura 31. Gráfico de valores de repelencia al agua (WDPT), zona 1.....	69
Figura 32. Gráfico de valores de repelencia al agua (WDPT), Zona 2.....	69

Figura 33. Gráfico de valores de repelencia al agua (MED), zona 2.....	70
Figura 34. Mapa de representación del pH en la zona 1.....	71
Figura 35. Mapa de representación de textura en la zona 1.....	72
Figura 36. Mapa de representación del carbono en la zona 1.....	73
Figura 37. Mapa de representación de niveles de nitrógeno en la zona 1.....	74
Figura 38. Mapa de repelencia al agua zona 1 (WDPT).....	75
Figura 39. Mapa de pH zona 2.....	75
Figura 40. Mapa de conductividad eléctrica zona 2.....	76
Figura 41. Mapa de textura zona 2.....	77
Figura 42. Mapa de carbono zona 2 de muestreo.....	78
Figura 43. Mapa de nitrógeno Zona 2.....	79
Figura 44. Mapa de resultados de repelencia al agua zona 2, método WDPT....	80
Figura 45. Mapa de resultados de repelencia al agua zona 2, método MED. ....	81

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Áreas afectadas por incendios forestales Distrito Metropolitano de Quito..	12
Tabla 2. Caracterización de incendios forestales por niveles.....	14
Tabla 3. Afectación de incendios según su cobertura vegetal.....	16
Tabla 4. Ubicación del área de estudio.....	24
Tabla 5. Coordenadas geográficas.....	26
Tabla 6. Datos de la estación meteorológica Chiriboga.....	27
Tabla 7. Valores medios mensuales de temperatura años 2000-2012 .....	28
Tabla 8. Valores medios mensuales de humedad años 2000-2012.....	28
Tabla 9. Precipitación media dela zona años 2000-2012 .....	29
Tabla 10. Especies observadas en el área de estudio. ....	39
Tabla 11. Criterios de potencial de hidrógeno.....	50
Tabla 12. Textura y comportamiento probable de suelo .....	54
Tabla 13. Criterios para evaluar un suelo en base a su conductividad .....	56
Tabla 14. Relación entre conductividad eléctrica y comportamiento del suelo.....	56
Tabla 15. Niveles porcentuales de carbono orgánico en los suelos y su interpretación cuantitativa. ....	57
Tabla 16 Criterios para evaluar un suelo en base en su contenido de nitrógeno.....	60
Tabla 17. Clases de WDPT utilizada por Doerr, 1998 para clasificar la persistencia de la repelencia en los suelos. ....	60
Tabla 18. Clases de etanol utilizadas en la clasificación de la intensidad de la repelencia al agua del suelo.....	62
Tabla 19. Resumen de estadísticos zona de estudio .....	63

## **RESUMEN**

El estudio muestra las alteraciones en el suelo por efecto de los incendios forestales y quema prescrita en dos zonas que forman parte de la Microcuenca del Saloya al sur occidente de Quito; tiene una base en la revisión y análisis de varias publicaciones realizadas por científicos que han desarrollado el tema bajo la utilización de varias técnicas tanto de campo como de laboratorio por varios años.

El suelo por ser un sistema complejo no es factible estandarizar los efectos producidos por incendios forestales, varios autores coinciden que depende de la intensidad - severidad del fuego, de este modo es importante evaluar los cambios en las propiedades físico químicas del suelo; por ello, se analiza el comportamiento de las variables como el pH, conductividad eléctrica, textura, Carbono, Nitrógeno y repelencia al agua. Estos parámetros son importantes puesto que el pH influye en la actividad microbiana; la textura en la capacidad de retención de agua; la materia orgánica incide en control de la pérdida del suelo, la repelencia puede provocar derivaciones hidrológicas y geomorfológicas en el suelo, y la interrelación de estos factores permiten valorar la calidad del suelo afectado.

Los resultados demuestran que en la zona 1 se registró un incremento de pH, reducción de la materia orgánica y repelencia; a diferencia de la zona dos de quema prescrita, que el pH disminuyó, la materia orgánica se incrementó y se observó el incremento de repelencia en algunas muestras analizadas, corroborando que todo depende de la intensidad y severidad del fuego.

## **ABSTRACT**

The study shows the soil changes as a result of forest fires and the prescription in two areas that are part of Saloya River at south west of Quito; the study has a base in analysis of several publications by scientists who have developed this subject under some techniques using field and laboratory for several years.

The soil is a complex system, for that reason is not feasible to standardize the effects of forest fires, several authors agree that depends on the intensity - severity of the fire, thus it is important to evaluate changes in the physical chemical properties of the soil; therefore the behavior of the variables such as pH, electrical conductivity, texture, carbon, nitrogen and water repellency is analyzed. These parameters are important since pH affects microbial activity; the texture in the water retention capacity; the organic matter affects control soil loss, the repellency can cause changes hydrological and geomorphological lead in the soil, and the interrelationships of these factors allow assessing the quality of these soils.

The results of this study show that in zone 1, the pH, organic matter and repellency increased, while in zone 2 the pH and organic matter decreased, and the repellency changed due to the intensity and severity of fire in each zones.

## INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los principales recursos naturales presentes en la Tierra, cuyo uso es principalmente en actividades agrícolas variando del 20,1 al 30% en la Provincia de Pichincha (Cebrián , 1999, pág. 85); dentro de las prácticas agrícolas el fuego ha estado presente como una actividad ancestral, para fertilizar cultivos, ampliar zonas de cultivo, mejorar la caza, controlar plagas, entre otras; de este modo los ecosistemas se han ido modificando por la presencia de incendios forestales, por esta razón y durante varios años se han desarrollado estudios que han permitido desarrollar un conocimiento científico en cuanto a sus efectos en el suelo los cuales pueden ser variables y dependen de la intensidad y duración del incendio.

El estudio busca evaluar los cambios producidos por los incendios forestales a nivel del suelo, centrando su el análisis en la materia orgánica (carbono, nitrógeno) y repelencia al agua, considerando a la materia orgánica un agente activo en el suelo con capacidad de ejercer un efecto directo e indirecto en la productividad y estabilidad a largo plazo de los ecosistemas (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 291); por otro lado la repelencia a agua como la propiedad de los suelos que reduce su afinidad por el agua y como consecuencia modificaciones a nivel hidrológico y geomorfológico.

Considerando los altos índices de incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), con el registro de 4.882,16 hectáreas en el 2012 por ejemplo, con impactos significativos en la Parroquia Rural de Lloa con un total de 884,29 has (Secretaria del Ambiente, 2012); se determinó esta parroquia como parte de estudio puesto que constituye uno de los importantes remanentes naturales de Quito con gran variedad de especies y fuentes hídricas que conforman la Microcuenca del Saloya.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Determinar las alteraciones de la materia orgánica y la repelencia del suelo al agua en una zona afectada por incendios forestales en parte de la Microcuenca del Saloya.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar el área de estudio.
- Realizar un muestreo representativo en el área afectada por el incendio forestal y en otra no afectada.
- Analizar la textura y propiedades físico químicas del suelo afectado.
- Determinar por el Método Molarity of Ethanol Droplet MED la clase de repelencia del suelo.
- Analizar la alteración de la materia orgánica, carbono orgánico y nitrógeno orgánico, mediante los métodos retrotitulación de dicromato de potasio y Kjendhal.
- Comparar los análisis en función de áreas cercanas no afectadas (testigo) por incendios forestales y el área afectada.
- Modelar mediante un Sistema de Información Geográfica los resultados obtenidos del estudio.
- Difundir los resultados.

# **CAPÍTULO 1**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1 El Suelo**

El suelo se deriva del latín solum que significa parcela o tierra; se origina por la combinación de cinco factores interactivos: material parental, clima, topografía, organismos vivos y tiempo (Cardona , 2000, pág. 120), puede definirse de algunas maneras dependiendo del objeto de estudio, por ello, en geología consiste en una capa estructurada con características biológicamente activas (Crespo, 20014, pág. 17), en ingeniería civil consiste en el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o la descomposición de roca existente (Muelas, 2012); en agronomía es definido como el lugar en donde se desarrolla la vida vegetal y animal y consiste en un recurso fundamental para el mantenimiento de los humanos.

El suelo se forma por la combinación de cinco factores como el clima, la tipografía, material parental, microorganismos u organismos vivos y el tiempo. “En general el volumen del suelo está constituido por 50% materiales sólidos (45% minerales y 5% materia orgánica) y 50% de espacio poroso” (FAO, Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2014). Generalmente la parte mineral del suelo se compone por fragmentos de roca de diferentes clases como la grava, arena, limo, arcilla. Por otra parte la materia orgánica se compone por restos de vegetación y/o acumulación de residuos de seres vivos que interactúan con esta capa superficial; la materia orgánica presente en el suelo se divide en dos grupos: el humus y los tejidos originales y sus equivalentes.

### **1.2 Clasificación de suelos**

Para los fines del estudio se utilizará la clasificación Soil Taxonomy que fue desarrollada por el Ministerio de Agricultura de los Estados Unidos; este sistema considera parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el suelo para su categorización: Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia, y Serie.



Las principales órdenes son: Alfisol, Andisol, Aridisol, Entisol, Espodosol, Gelisol, Histosol, Inceptisol, Molisol, Oxisol, Ultisol, Vertisol. (FAO, Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, 2014).

### **1.3 Erosión del suelo**

La erosión del suelo es definida como un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos. (FAO, Depositos de documentos FAO, 2013) . El riesgo de erosión de suelos afectados por incendios forestales puede incrementarse cuando la humedad de un suelo es muy baja y el grado de hidrofobicidad es muy alto (Almendros, González, Gonzáles - Pérez, Knicker, & de la Rosa, 2010), esto se ha presentado en climas con alta variabilidad como en el Mediterráneo. De la misma manera el autor menciona que en suelos arenosos de la costa holandesa se ha demostrado que en suelos repelentes al agua la pérdida de sedimentos por el agua de escorrentía se incrementa hasta casi 20 veces que su nivel normal.

### **1.4 Importancia de la materia orgánica en el suelo**

La materia orgánica influye en las características del suelo como: su color, el cual regula el balance térmico, puesto que según su albedo permitirá o aislara el paso de la radiación solar incidiendo en la temperatura del suelo y la vida de los microorganismos; la materia orgánica estabiliza la temperatura en el suelo; la estructura del suelo permite formación de agregados disminuyendo su plasticidad; estabiliza la acidez en el suelo; incrementa la capacidad de retención de humedad puesto que actúa como una esponja que almacena agua; la capacidad de intercambio catiónico puesto que a mayor cantidad de materia orgánica aumenta esta capacidad de intercambio aniónico donde se acumulan nitratos, sulfatos y fosfatos, mejora los sistemas de drenaje y aireación; ayuda a la producción de sustancias inhibidoras y activadoras del crecimiento de microorganismos.

Favorece en los procesos edafogénesis, por sus propiedades de peptización, coagulación y formación de quelatos, de esta forma asocia a los micronutrientes liberando metales como el Hierro, Zinc y Cobre a medida de las necesidades de la vegetación. (Fassbender, 1987, pág. 51)

El contenido de carbono en la materia orgánica del suelo varía desde 40 a 58%. En contraposición, el contenido de nitrógeno, es mucho más bajo y varía ampliamente desde  $< 1$  a 6% (Corbella & Fernández) . La relación entre el carbono y nitrógeno contribuye determinando la descomposición y la velocidad con la que el nitrógeno se hace disponible para las plantas. La relación C/N de la materia orgánica de los horizontes de los suelos cultivados varía de 8:1 a 15:1, estando la media cerca en un valor de 12:1 (Almendros, González, Gonzáles - Pérez, Knicker, & de la Rosa, 2010, pág. 5), cabe resaltar la importancia de los microorganismos en el suelo, puesto que, metabolizan los compuestos que contienen carbono para obtener energía para sus actividades vitales y obtienen nitrógeno para sintetizar componentes celulares como aminoácidos, enzimas y ADN; los microorganismos sintetizan los componentes complejos en compuestos más simples (Instituto latinoamericano de Comunicación Educativa, 2014).

### **1.5 Generalidades y efectos de incendios forestales en el suelo.**

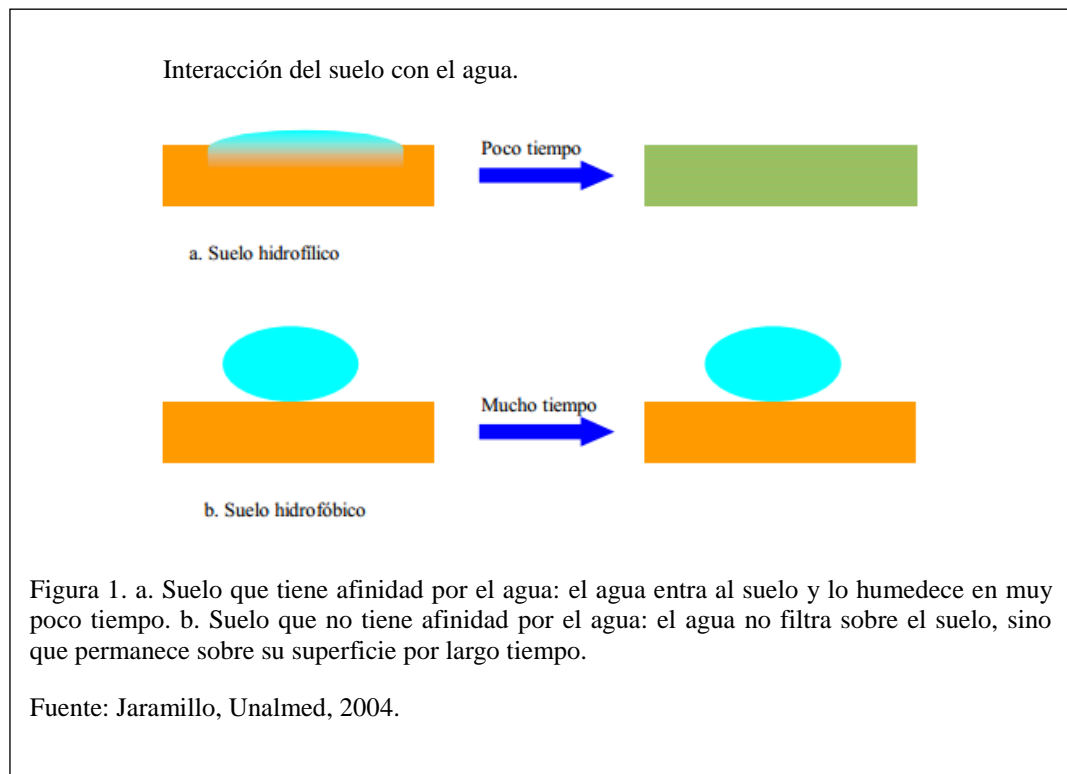
Cuantificar los efectos en las propiedades físico-químicas del suelo afectado por un incendio forestal puede dificultarse a medida que se desconocen las propiedades del suelo antes del incendio, sin embargo se puede comparar la repelencia al agua de un suelo afectado por un incendio con otra zona no afectada “testigo” y determinar si en realidad el área afectada tiene un grado de repelencia al agua, o a su vez fue destruida.

Cierto tipo de ecosistemas ante estos eventos genera resiliencia, es decir, tienen la capacidad de recuperarse en determinado tiempo, pueden generar relativamente rápido la cobertura vegetal y las tasas erosivas no suelen ser tan agresivas, cabe

indicar que los efectos también dependen de la severidad del incendio y esto a su vez conjuga dos factores muy importantes que son la intensidad y la duración. La intensidad es la tasa en el que un incendio produce energía térmica, es decir, a las temperaturas que estuvo expuesto el suelo; la duración a su vez responde al tiempo en el cual perduró el incendio forestal. Una de las alteraciones provocadas por el fuego, es en la materia orgánica, puesto que puede cambiar su calidad y cantidad, a su vez la temperatura puede modificar el humus haciéndolo más resistente a la degradación microbiana.

### **1.5.1 Repelencia al agua**

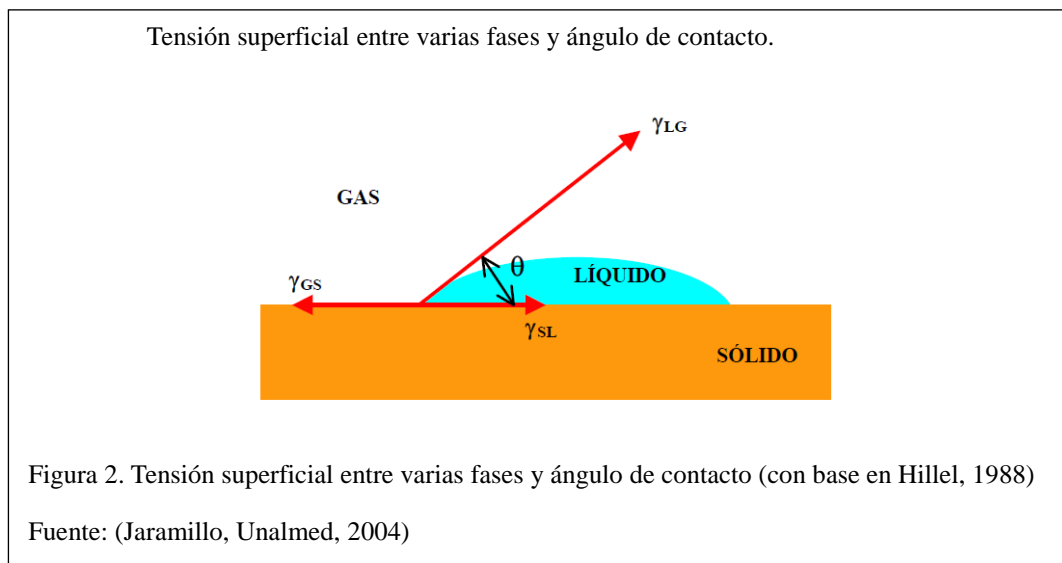
Dentro de los principios fisicoquímicos la afinidad o repelencia de un líquido a una superficie sólida se origina en el balance de fuerzas de adhesión y de cohesión (atracción entre moléculas de agua) que se presentan entre las moléculas de agua; es decir un líquido se esparce y moja una superficie sólida porque sus fuerzas de cohesión son reducidas puesto que se convierten en fuerza de adhesión. De esta forma se puede mencionar que un suelo hidrofílico es aquel en que las fuerzas de adhesión superan a las fuerzas de cohesión, es decir el líquido se esparce en el medio sólido; y en un suelo hidrófobo el comportamiento de las fuerzas es al contrario el líquido no se esparce sobre el sólido permaneciendo sobre el suelo y ocupando menor superficie de contacto, en este caso las fuerzas de cohesión se dirigen al interior de la gota dándole una forma esférica, como lo demuestra la Figura 1.



Para que un líquido pueda incrementar su superficie de contacto debe considerar su tensión superficial, en el caso del agua la tensión superficial es alta puede alcanzar hasta  $72.75 \times 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$ , en relación a otros líquidos que pueden tener valores de 20 y  $40 \text{ Nm}^{-1}$ , uno de los parámetros que puede reducir la tensión superficial es el incremento de la temperatura, como ejemplo se puede citar que cuando la temperatura se incrementa de 10 a  $30^\circ\text{C}$ , la tensión superficial del agua en contacto con el aire pasa de 74,22 a 71,18 dinas  $\text{cm}^{-1}$  (Jaramillo, Unalmed, 2004, pág. 6), también la tensión superficial puede aumentar al utilizar electrolitos (presencia de sales en solución) en el agua, puesto que se incrementan las fuerzas de cohesión; de forma contraria sucede si se adicionan solutos orgánicos disminuyendo su tensión superficial.

En el caso de los sólidos la tensión superficial puede variar entre los 0,5 y  $5 \text{ Nm}^{-1}$ , que aumenta, con su estabilidad y punto de fusión, con ello las superficies con una tensión superficial mayor a  $72.75 \times 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$  pueden considerarse superficies hidrofílicas puesto que atraerán al agua, lo que sucede con tipos de suelos minerales, y al contrario sucede con sustancias orgánicas como ceras o polímeros orgánicos que pueden tener una tensión superficial menor a  $72.75 \times 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$  son hidrofóbicos. (Jaramillo Jaramillo, 2006, pág. 6).

Una de las formas de establecer la repelencia del agua al suelo es el ángulo de contacto que refiere a su vez el ángulo que forma el líquido en contacto con la superficie sólida, cuando el ángulo de contacto es igual a cero se puede decir que el líquido se esparce totalmente sobre la superficie sólida humedeciéndola; cuando el ángulo que se forma es un ángulo obtuso la superficie es repelente al agua o hidrofóbica. (Jaramillo Jaramillo, 2006, pág. 8)



La repelencia del agua al suelo, es uno de los efectos a nivel del suelo, puede estar definida por el ángulo de contacto, debido al hecho de que el líquido no se esparce sobre la superficie del sólido; cuando el ángulo es mayor a  $90^\circ$  el líquido no se extiende sobre la superficie sólida es decir es hidrofóbico, cuando el ángulo de contacto es menor a  $90^\circ$  el material es hidrofílico. (Jaramillo, Unalmed, 2004, pág. 8).

Según (Doerr, 2000) los compuestos que producen la repelencia se pueden dividir en dos grupos:

El primero: compuesto por hidrocarburos alifáticos que son compuestos orgánicos compuestos por hidrógeno y carbono que a su vez forman una cadena abierta y larga, son compuestos no polares y por lo tanto insolubles en el agua. (Jaramillo, Unalmed, 2004, pág. 14).

El segundo: está formado por compuestos de estructura anfifílica, es decir poseen una parte polar y otra no polar siendo la primera hidrofílica y la segunda hidrofóbica. (Jaramillo, Unalmed, 2004, pág. 14).

Para profundizar el tema se presentan los efectos de la repelencia al agua sobre el suelo.

Contenido de humedad: Si un suelo presenta cierto grado de repelencia al agua no necesariamente debe estar completamente seco por ejemplo menciona que en varios de sus estudios se obtuvieron altos grados de humedad almacenada y presenta algunas de las características que podrían explicar ese comportamiento (Doerr, 2000):

- En el suelo el agua en forma de vapor puede distribuirse en su interior, acumulando humedad en aquellos que presenten hidrofobicidad.
- En el interior del suelo la existencia de materiales finos hidrofóbicos en los espacios porosos pueden permitir el humedecimiento del mismo, e incluso pueden actuar condensando el vapor de agua.
- Algunas partículas hidrofóbicas pueden transformarse durante el proceso de absorción de vapor, permitiendo la entrada al suelo. (Jaramillo, Unalmed, 2004, pág. 19).

En la zona de estudio el área corresponde al Clima Ecuatorial MesotérmicoSemi-Húmedo, por ello existe la probabilidad que se encuentre un contenido alto de humedad en el suelo, con la premisa de que el suelo posea cierto grado de hidrofobicidad.

Escorrentía e Infiltración: Por observaciones realizadas por Wallachy Jortzick (2008), evidenciaron que mientras el agua se filtraba rápidamente en el suelo hidrófilo, en un suelo hidrófobo el agua se extiende sobre su superficie formando un ángulo de 90°, es decir, se acumula formando un encharcamiento. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010).

Si la cantidad de lluvia es suficiente, en la superficie del suelo se produce un exceso de agua encharcada que inicia un flujo superficial de hortoniano es decir cuando la tasa de precipitación excede la tasa de infiltración. Con esta premisa y bajo los estudios realizados por Jordán et al. (2009) mediante la simulación de lluvias realizadas en México observaron que la respuesta hidrológica está relacionada con la repelencia agua. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 163).

**Pérdida del Suelo:** El efecto que puede provocar la hidrofobicidad en la erosión de los suelos depende con su continuidad y su temporalidad en el terreno, la primera debido a que en parcelas grandes se pueden involucrar vías de flujo preferencial que captan parte del flujo superficial y lo transportan al interior del suelo, en parcelas pequeñas el flujo puede ser menor interrumpiendo la continuidad en la hidrofobicidad; la segunda puesto ella puede desaparecer cuando el suelo tiene un alto incrementos en su humedad, lo cual no permite estudiar su relación con la erosión en esos tiempos. La repelencia puede constituir un factor activo en la erosión al aumentar la cantidad de sedimentos que son transportados por flujos de agua superficiales. (Jaramillo Jaramillo, 2006).

- a. **Estabilidad de Agregados:** La estabilidad estructural se convierte tras los incendios, debido a la eliminación de la cubierta vegetal y la hojarasca, en una característica clave en la gestión del agua y la pérdida de nutrientes y materiales del suelo, pueden observarse comportamientos como la destrucción de agregados en incendios de alta intensidad y en otros casos valores de estabilidad superior, esto debido a factores como tipo de incendio, cambios en la mineralogía de la fracción arcilla, destrucción de agregados por la combustión de la materia orgánica y selección de los agregados más resistentes; otra explicación puede ser debido a que la presencia de compuestos hidrofóbicos como ceras, grasas y resinas impidan la disgregación contribuyen al desarrollo de la estabilidad de agregados al impedir el humedecimiento y la pérdida de estabilidad como consecuencia de la humedad. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix -

Solera, 2010, págs. 165,166).

- b. Flujo preferencial: Las variaciones de la repelencia al agua a una escala de centímetros en la superficie del suelo pueden causar la aparición de vías de infiltración o flujo preferencial en el perfil del suelo, este flujo preferencial consiste en el movimiento vertical del agua a través de “caminos” hidrófilos a través de una matriz hidrófoba. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 166).

Estudios realizados en México en los cuales se analizó el frente de mojado y la existencia de vías de flujo preferencial en suelos volcánicos, se encontró que en los suelos con distintos grados de repelencia al agua mostraban frentes de mojado muy irregulares, con distinto grado de penetración en función de diversas variables, como la textura, la densidad aparente, la frecuencia de macro poros y la humedad; sin embargo, los suelos con un grado de repelencia al agua bajo o nulo mostraron frentes de mojado homogéneos y con una velocidad de penetración uniforme. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 167)

### **1.5.2 Efectos a nivel del agua**

Considerando que la zona de estudio forma parte de la Microcuenca del Saloya, y que en el área existen afluentes de agua de desembocan en el mismo río, se analizará brevemente cuáles pueden ser los efectos generados en estos cuerpos de agua.

Entre los parámetros de calidad de agua que pueden verse más afectados por un incendio forestal, figuran las concentraciones de los sedimentos aportados (Tiedemann 1978; DeBano et al. 1996), y la variación en las concentraciones de nutrientes disueltos (nitrógeno y fosforo) (Tiedemann 1978; DeBano et al. 1996). Dentro de los parámetros físicos que se pueden analizar esta la temperatura, pH y la conductividad eléctrica, dentro de los análisis químicos pueden estar los nutrientes: fosforo total (PT), fosforo reactivo soluble (PRS), nitrógeno total (NT), nitratos ( $\text{N-NO}_3^-$ ), nitritos ( $\text{N-NO}_2^-$ ) y amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ). (Jaramillo, Efecto de la temperatura de secado del suelo sobre la repelencia al agua en Andisoles bajo cobertura Pinus



patula, 2003, pág. 32).

## 1.6 Registro de incendios forestales en Quito 2012

Dentro del verano comprendido entre mayo a septiembre de 2012 en la Ciudad de Quito se afectaron un total de 4.882,16 hectáreas por incendios forestales. Todos los incendios se registraron y la información fue procesada por la Sala de Situación dentro del COE Metropolitano de Quito, a continuación se presentan los incendios conforme a la división territorial de Quito:

Tabla 1.

Áreas afectadas por incendios forestales Distrito Metropolitano de Quito.

Sector	Superficie Afectada (ha)	Número de Incendios
Aeropuerto	872,68	137
Calderón	65,07	6
Centro	140,88	27
Eloy Alfaro	884,29	126
La Delicia	678,76	127
Los Chillos	788,7	267
Norcentral	624,47	206
Noroccidente	7,4	17
Norte	373,50	20
Quitumbe	143,35	72
Tumbaco	303,24	32
Total General	4.882,16	1.037

Nota: ha= hectáreas.

Fuente: Secretaría del Ambiente – Comité de Operaciones Emergencias Quito.

Varios de los incendios afectaron a Parques Metropolitanos, Áreas Protegidas y Bosques Protectores. La Administración Zonal Eloy Alfaro tuvo 18,11% de afectación en relación al total de hectáreas afectadas en el Distrito Metropolitano de Quito. A través del Comité de Operaciones de Emergencia (COE) Metropolitano de

Quito, con el objetivo de categorizar a los incendios en función de su magnitud, se los clasificó en tres niveles de manera ascendente, considerando varios factores tales como:

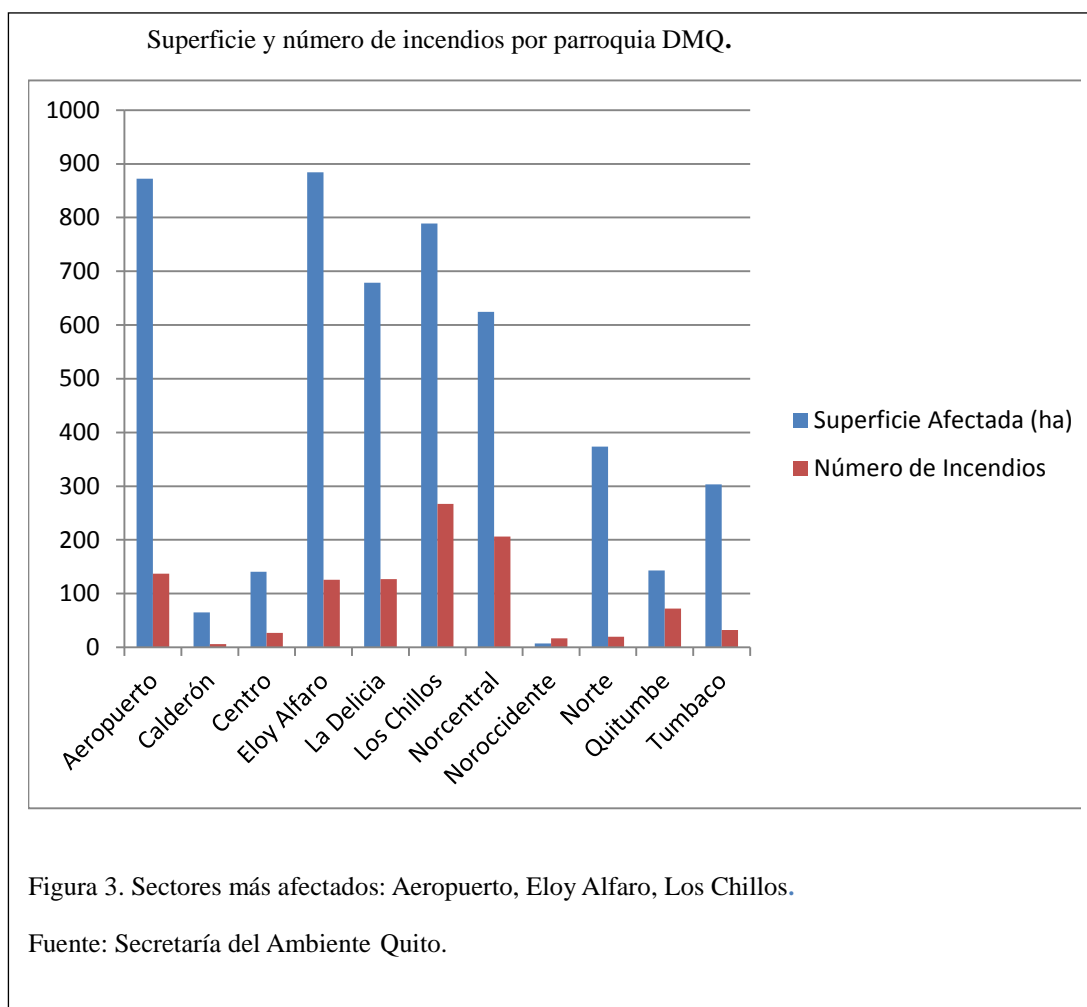
Tabla 2.

Caracterización de incendios forestales por niveles en el Distrito Metropolitano de Quito.

Factores a considerar		Incendios de pequeña magnitud Nivel I	Incendios de mediana magnitud Nivel II	Incendios de gran magnitud Nivel III
TIPO	DE	Rastreros, subterráneos, pastizales, matorrales, raíces y humus	Bosques, copas, matorrales, pastizales bajos	Bosques, copas, matorrales, pastizales bajos
SUPERFICIE		Hasta 2 hectáreas	3 a 10 hectáreas	Más de 11 hectáreas
VELOCIDAD		1 a 5 m/min en cabeza, con 1 a 2,5 m altura de llama.	6 a 10 m/min en cabeza, con 2,6 a 4 m altura de llama	6 a 10 m/min en cabeza, con 2,6 a 4 m altura de llama
CONDICIÓN		Vientos de hasta 15 Km/h, hojas y ramas se agitan constantemente, combustibles secos con temperatura hasta 30°C	Vientos de 15-25 Km/h, vientos levantan polvo hojas y ramas se agitan constantemente, combustibles muy secos Temperatura de 32 a 35°C	Vientos de 26-61 Km/h, arbustos y ramas se balancean, hay dificultad al caminar combustibles muy secos Temperatura mayor a 36°C.
ATMOSFÉRICA				
TOPOGRAFÍA		Pendiente 0 a 15%	Pendiente 16 a 32%	Pendiente sobre 33%

Fuente: Comité de Operaciones de Emergencias del Distrito Metropolitano de Quito.

A continuación se representa gráficamente las hectáreas afectadas por incendios forestales.



En el Distrito Metropolitano de Quito para el nivel 1 se registraron un total de 474,12 hectáreas afectadas con un total de 743 incendios, para el nivel 2 un total de 848,91 hectáreas y 203 incendios, y para el nivel 3 un total de 3559,14 hectáreas con 91 incendios.

Tabla 3.

Afectación de incendios según su cobertura vegetal.

Tipo de Cobertura Vegetal	Área afectada (ha)	Superficie de ocupación de la clase en el DMQ*	% de cobertura vegetal afectada
Arbustos húmedos	990,91	46 525	2,13
Arbustos secos	606,33	36 690	1,65
Bosques húmedos	492,74	124 595	0,40
Bosques secos	16,47	722	2,28
Cultivos	439,03	36 687	1,20
Herbazales húmedos	463,89	45 211	1,0
Herbazales secos	267,78	2 665	0,73
Infraestructura	11,17	24 732	0,05
Pastos	1 128,10	50 425	2,24
Suelos desnudos de origen antrópico	31,83	2 210	1,44
Vegetación cultivada coníferas	12,57	1 524	0,82
Vegetación cultivada Latifoliadas	420,90	7 743	5,44
<b>TOTAL</b>	<b>4 882,16</b>		<b>1,15</b>

Fuente: Secretaría del Ambiente.

### 1.7 Ocurrencia y propagación de incendios forestales.

La ocurrencia y propagación a incendios forestales en el Distrito Metropolitano de Quito se ha determinado a partir de la interrelación de dos variables, los factores predisponentes que básicamente obedecen a las características climáticas (temperatura media, velocidad del viento, radiación) y vegetativa de las zonas; y el registro de incendios forestales. A continuación se presentan los mapas de las variables mencionadas:

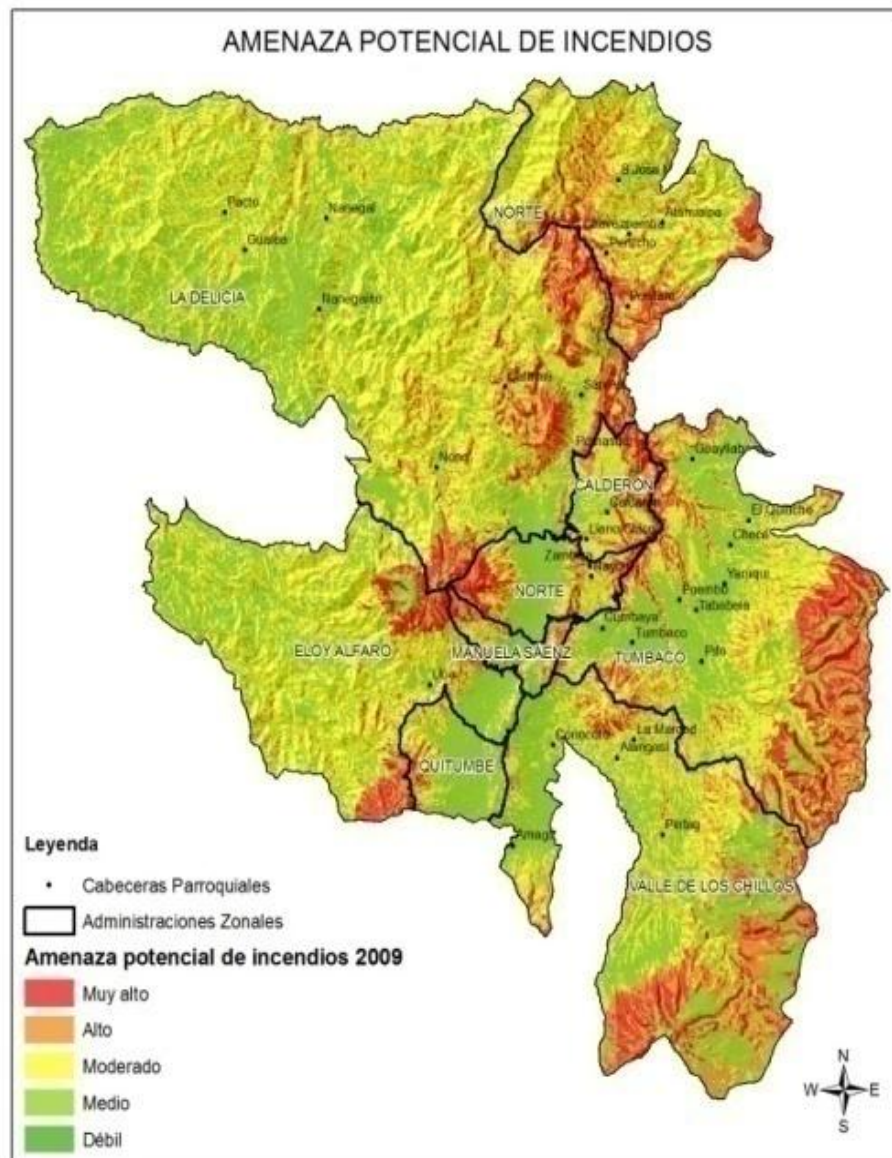


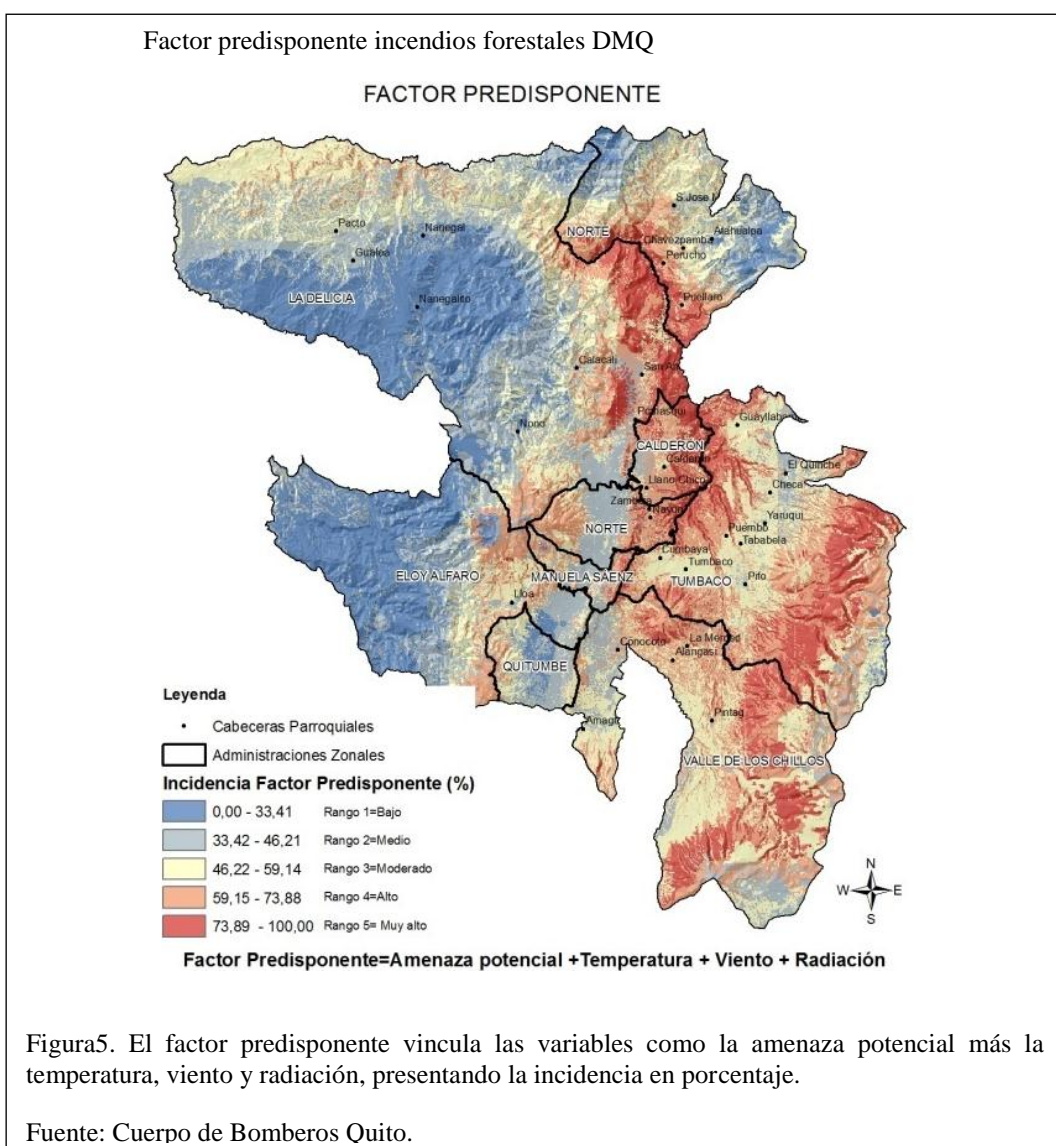
Figura 4. Amenaza potencial de incendios forestales 2009; la categorización “muy altos” se registra en algunas parroquias rurales.

Fuente: Cuerpo de Bomberos de Quito.

Conforme al mapa las áreas con amenaza potencial a incendios forestales se encuentran en los sectores: Parroquia Lloa sector de San Juan de Chiriboga y Faldas del Guagua Pichincha; Parroquia de Pintag los sectores de Valencia, Ubillus, Santa Rosa; Parroquia de Pifo los sectores de: Anga Alto, El Tablón, Cochango, Sigsipamba; Parroquia de Checa el sector de San Agustín; Parroquia del Quinche; Parroquia Chilibulo en el sector de la protección de Chilibulo; Parroquia San Juan; Parroquia de San Antonio de Pichincha sector la Libertad, Tanlagua; Parroquia de

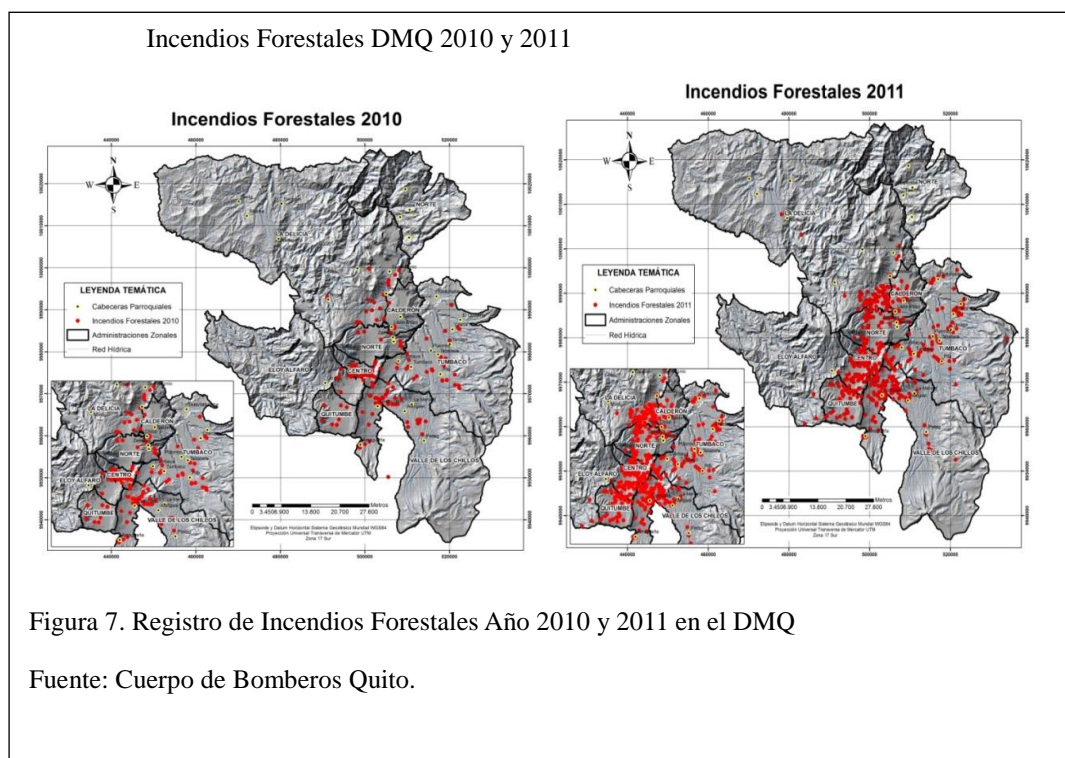
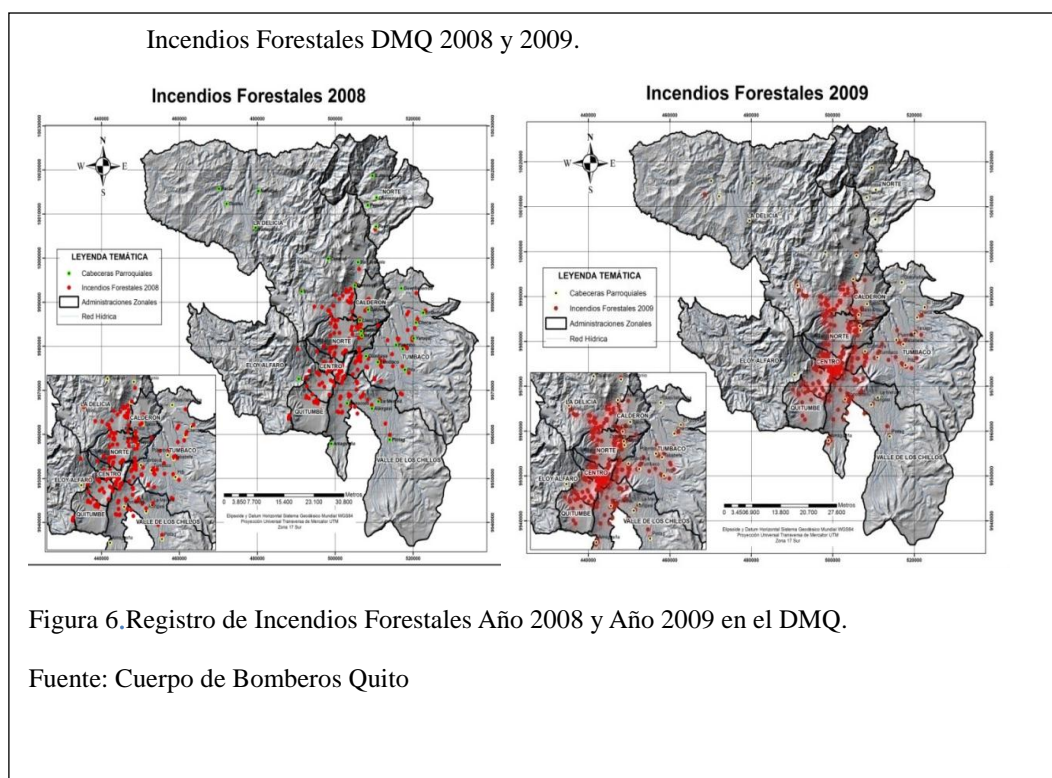
Puellaro Alchipichi; Parroquia Minas sector la Costa, Alance; Parroquia Atahualpa sector de Picanta; Parroquia Calacali el sector de la Reserva Geobotánica del Pululahua, entre los principales.

Dentro de los factores predisponentes se interrelaciona la temperatura, tipo de vegetación, velocidad del viento y radiación, en la figura que se presenta a continuación básicamente en la zona de los chillos se extiende a más parroquias con rangos de altos a medios, de igual manera sucede en las zonas de Calderón , San Antonio de Pichincha, Minas, etc.





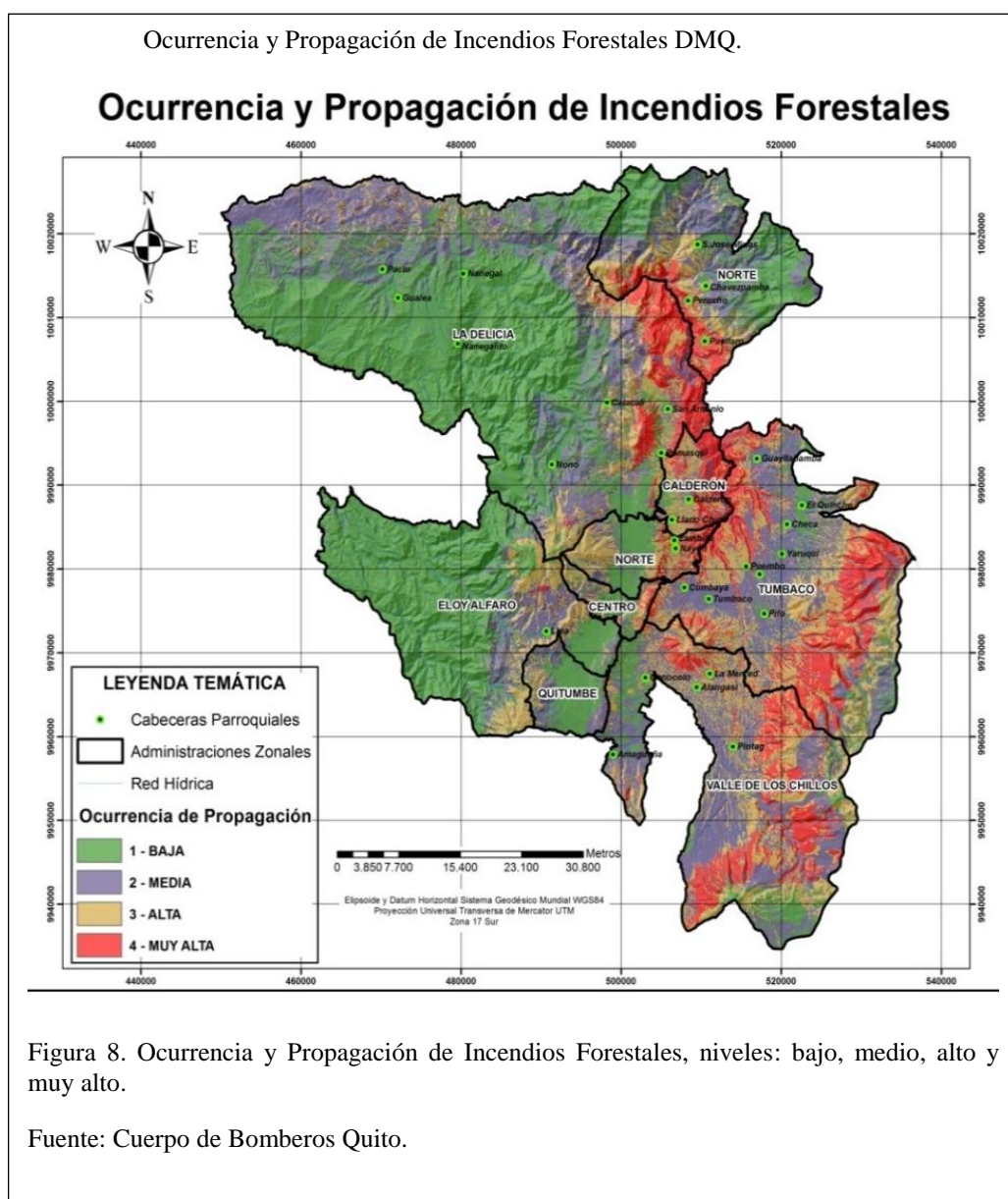
Como se mencionó anteriormente también se interrelaciona el registro de incendios forestales:



De las figuras, claramente se puede observar que en los años 2009 y 2011, se registran más número de incendios forestales.



Por último el cruce de variables permite establecer las zonas más propensas o vulnerables a incendios forestales, tal como se puede observar en la figura 8.



Básicamente las zonas muy alta de propagación se encuentran en las Parroquias de Pintag, Checa, El Quinche, Minas, San Antonio de Pichincha, Calderón, entre las principales.

## **1.8 Marco Legal**

De acuerdo a la carta magna del Ecuador del año 2008, en la cual el ambiente se considera como sujeto de derecho, para la prevención y mitigación de incendios forestales, se consideran los siguientes artículos:

Art. 389.- El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a: (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado. (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)
3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)
4. Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)
5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de immediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Conforme la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre se cita los siguientes artículos del Capítulo X de la Protección Forestal:

Art. 57.- El Ministerio del Ambiente prevendrá y controlará los incendios forestales, plagas, enfermedades y riesgos en general que puedan afectar a los bosques y vegetación natural. (Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, 2004)

Art. 58.- El Ministerio del Ambiente organizará campañas educativas para prevenir y combatir los incendios forestales, mediante conferencias en escuelas, colegios y centros públicos, proyección de películas y otras medidas similares. (Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, 2004)

Art. 59.- Los propietarios de bosques, los contratistas de aprovechamiento forestal y, en general, los poseedores, administradores y tenedores de bosques, están obligados a adoptar las medidas necesarias para prevenir o controlar los incendios o flagelos, plagas, enfermedades y perjuicios a los recursos forestales. (Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, 2004).

El Código Orgánico Integral Penal menciona:

Art. 246. La persona que provoque directa o indirectamente incendios o instigue la comisión de tales actos, en bosques nativos o pantanos o páramos, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años". (Código Orgánico Integral Penal, 2014).

## CAPÍTULO 2

### UBICACIÓN

#### 2.1 Ubicación Política Territorial

El valle de Lloa ubicado en las estribaciones del Volcán Guagua Pichincha, de 1800 a 3000 msnm, tiene una superficie de 543,84 km<sup>2</sup>, que representa 92.82 % de la Administración Zonal Eloy Alfaro. Sus límites son: Al noreste desde la afluencia del Río Verde Chico en el Río Mindo, siguiendo su curso aguas arriba hasta la Quebrada Padre Encantado; al sur sigue el curso de la Quebrada Sanguanchi aguas arriba hasta la confluencia de sus formadoras las quebradas la Victoria y Pugru; al este continúa por la línea de cumbre del ramal orográfico que separa las cuencas de los ríos Machángara; al oeste continúa por la cordillera de Zapadores que pasa por las cimas de los cerros sin nombre hasta la cima del cerro Cristal. Los Barrios principales son: Lloa Centro Poblado, Concepción de Monjas, Cooperativa de Vivienda 29 de Mayo, Chilcapamba, La Tablera, Palmira, San José del Cinto, San Juan de Chiriboga, La Victoria, San Luis de Lloa, Urauco, y Chiriboga, es la parroquia rural más grande de Quito, su uso de suelo comprende a la vivienda y producción (60%), y su diferencia es área no habitable; la densidad poblacional corresponde a 0.02 personas por kilómetro cuadrado.

Tabla 4.

Ubicación del área de estudio

Ubicación	
Provincia	Pichincha
Cantón	Quito
Parroquia	Lloa
Sector	La Victoria
Referencia	Km 39 antigua vía Santo Domingo

Elaborado por: Amanda Rivera

Se consideró de gran importancia estudiar las áreas ubicadas al suroccidente de Quito que corresponden a la microcuenca del Saloya – Parroquia Lloa, para mejor

Ubicación del Área de Estudio

Ubicación del Área de Estudio.

The figure consists of two maps. The left map, titled 'Ubicación Área de Estudio', shows the District of Metropolitan Quito with its administrative zones. A legend indicates: Distrito Metropolitano de Quito (green), Adm. Zonal Eloy Alfaro (blue), and Área de Estudio (black dot). The right map, also titled 'Ubicación Área de Estudio', is a zoomed-in view of the study area. It shows the administrative zone of Eloy Alfaro (blue) and the study area (green dot). A legend indicates: Adm. Zonal Eloy Alfaro (blue), Barrios Adm. Zonal Eloy Alfaro (yellow), Victoria (orange), and Área de Estudio (green dot). Both maps include a north arrow.

Figura 9. La figura muestra la ubicación del área de estudio a nivel territorial en el Distrito 17D06 correspondiente al sur de Quito.

Elaborado por: Amanda Rivera G

Elaborado por: Amanda Rivera G.

## 2.2 Ubicación Geográfica

La ubicación geográfica de la zona de estudio le confiere características importantes como las condiciones climáticas que definen la formación del suelo y su vegetación, con alturas desde los 1800 msnm hasta los 2300 msnm, la Microcuenca del Saloyoya presenta gran biodiversidad de especies, sus coordenadas se detallan a continuación en el sistema Universal Transverse Mercator (UTM).

Tabla 5

Coordenadas Geográficas área de estudio.

Zona de Estudio	Coordenadas Geográficas
Zona 1	756016.65 m E; 9968526.75 m S
Zona 2	755411.00 m E; 9967770.00 m S

Nota: metros (m); este (E), sur (S).

Elaborado por: Amanda Rivera.

## 2.3 Condiciones Agroecológicas

### 2.3.1 Clima

Para el área se define el Clima Ecuatorial MesotérmicoSemi-Húmedo, con una temperatura media anual de 12 ° C, con una diversidad de climas, ubicada desde los 500 a 2000 msnm.

Es indispensable contar con parámetros como la temperatura, precipitaciones, viento de acuerdo con los registros de la estación meteorológica más próxima. El área de estudio tiene dos estaciones meteorológicas cercanas la ubicada en el sector del Atacazo y la segunda en sector de Chiriboga. Los datos que se presentan son los tomados por la estación Chiriboga M-116 la cual pertenece a la Red de Estaciones Meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI); a continuación en la tabla se presentan los datos relevantes considerados para el estudio:

Tabla 6.

Datos de la Estación Meteorológica Chiriboga.

Estación Meteorológica	
Elevación	1750 msnm
Fecha-Instalación	01-oct-62
Latitud	001238S
Longitud	784655W
Código	M116
Nombre	CHIRIBOGA
Tipo	PV

Notas: PV = (Pluviométrica).

Fuente: INAMHI

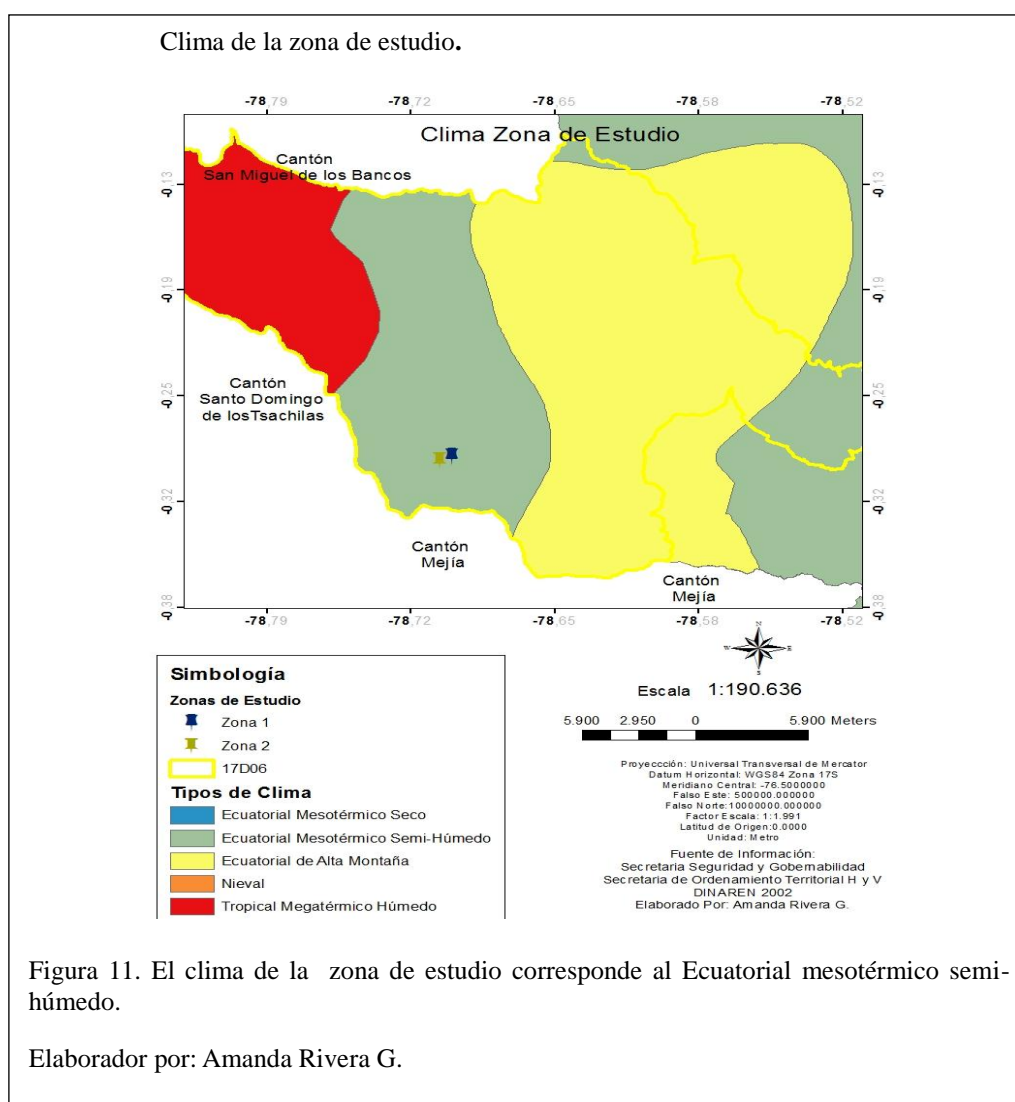


Figura 11. El clima de la zona de estudio corresponde al Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo.

Elaborador por: Amanda Rivera G.



### 2.3.2 Temperatura del aire

En el sector se registran los siguientes datos:

Tabla 7.

Valores medios mensuales de temperatura años 2000-2012

TEMPERATURA (°C)		
Media	Mínima	Máxima
16,2	8,4	23,8

Notas: °C= Grados centígrados.

Fuente: INAMHI

### 2.3.3 Humedad Relativa

Se define como el vapor de agua presente en el aire, se mide en forma porcentual.

Tabla 8.

Valores Medios mensuales de humedad años 2000-2012.

HUMEDAD RELATIVA (%)		
Media	Mínima	Máxima
81.0	55.0	100.0

Notas: humedad relativa en porcentaje.

Fuente. INAMHI

### 2.3.4 Viento

El viento se refiere al movimiento del aire respecto a la superficie terrestre, su dirección se toma en función de donde proviene y su medida es en metros por segundo. Por la topografía de la zona la frecuencia de los vientos que registra la estación es oeste 23% de persistencia, y al noreste con el 21%.

### 2.3.5 Precipitación

La precipitación se refiere a la caída lluvia, llovizna, granizo, entre otras, desde las nubes a la superficie terrestre, se mide en mm, lo que refiere a la caída de un litro de agua sobre un metro cuadrado.

Tabla 9.

Precipitación media de la zona años 2000-2012

PRECIPITACIÓN (mm)		
Media	Mínima	Máxima
81.0	55.0	100.0

Notas: precipitación en milímetros.

Fuente INAMHI

El área se encuentra dentro de la Zona Lluviosa Interandina que comprende las zonas de Pintag y la Cordillera Occidental; el período lluvioso es de septiembre a abril y la época seca se da, especialmente, entre mayo y agosto.

## 2.4 Suelo

A continuación se presentan las características del suelo de la zona: relieve, geología, clasificación del suelo, aptitud agrícola y conflictos de uso.

### 2.4.1 Relieve

El relieve, en el Distrito Metropolitano de Quito, está categorizado por seis parámetros dados en rangos. Para la zona de estudio corresponde al Montañoso con un rango mayor al 70% (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010, pág. 34); considerando que esta relación es entre la elevación y la distancia; por ejemplo; en este caso el 70% responde a que el terreno se eleva 7m sobre una distancia de 10 metros.

Mapa de relieve de la zona de Guarumal – Distrito Quito Sur

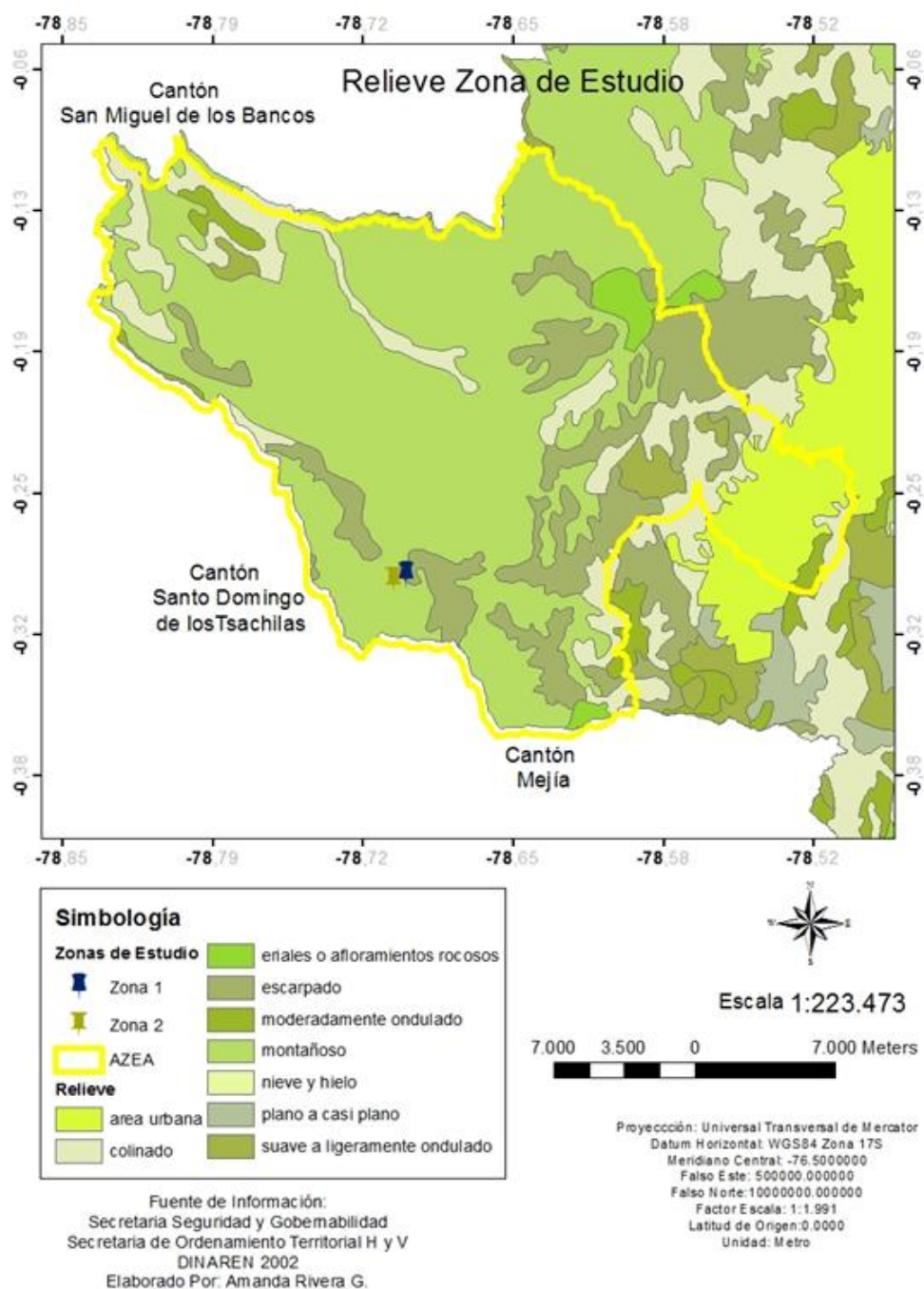


Figura 12. La zona de estudio esta categorizado por un relieve montañoso.

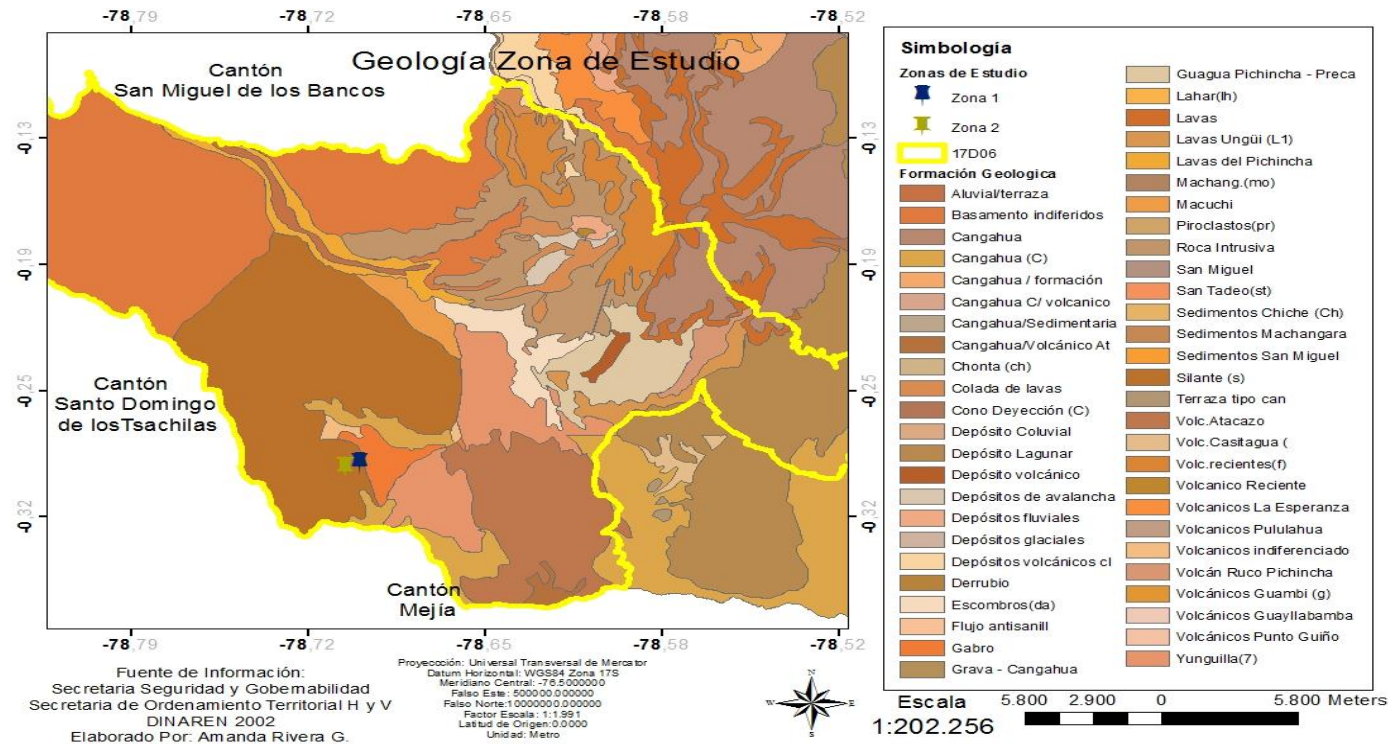
Elaborado por: Amanda Rivera G. – Base de Datos DMQ.

### 2.4.2 Geología

Corresponde a la formación Silante (Cretáceo Superior):

Abarca conglomerados, areniscas y limonitas volcánicas de color verde y rojo, están bien expuestas en la carretera vía Chiriboga al Oeste de Sigal. Sedimentos volcánicos rojos y verdes, con lavas intercaladas, están bien expuestas en el carretero Nono - Tandayapa – Mindo. En los conglomerados de la Formación Silante, los clastos son predominantemente rocas volcánicas, similares a las de formación Macuchi, pero también se encuentran los clastos cuarzosos y de rocas intrusivas, la matriz es clorítica y rica en hierro. Otra parte del estudio corresponde a la formación Gabro (Complejo Saloya): En el área afloran rocas básicas y ultra-básicas que incluyen: gabronorita, anortosita, wehrlita, dunita y gabronorita-olivínica. En algunos lugares existe estratigración formada por una variación en las proporciones de los minerales félsicos y máficos. El espesor del bandeamiento tiene variaciones centimétricas; estos rangos indican que es un cuerpo intrusivo básico bandado, en que las rocas más típicas de la base (dunita y serpentinita) afloran hacia el Oeste. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010, pág. 34).

Mapa de Geología de la Zona de Guarumal – Distrito Quito Sur.

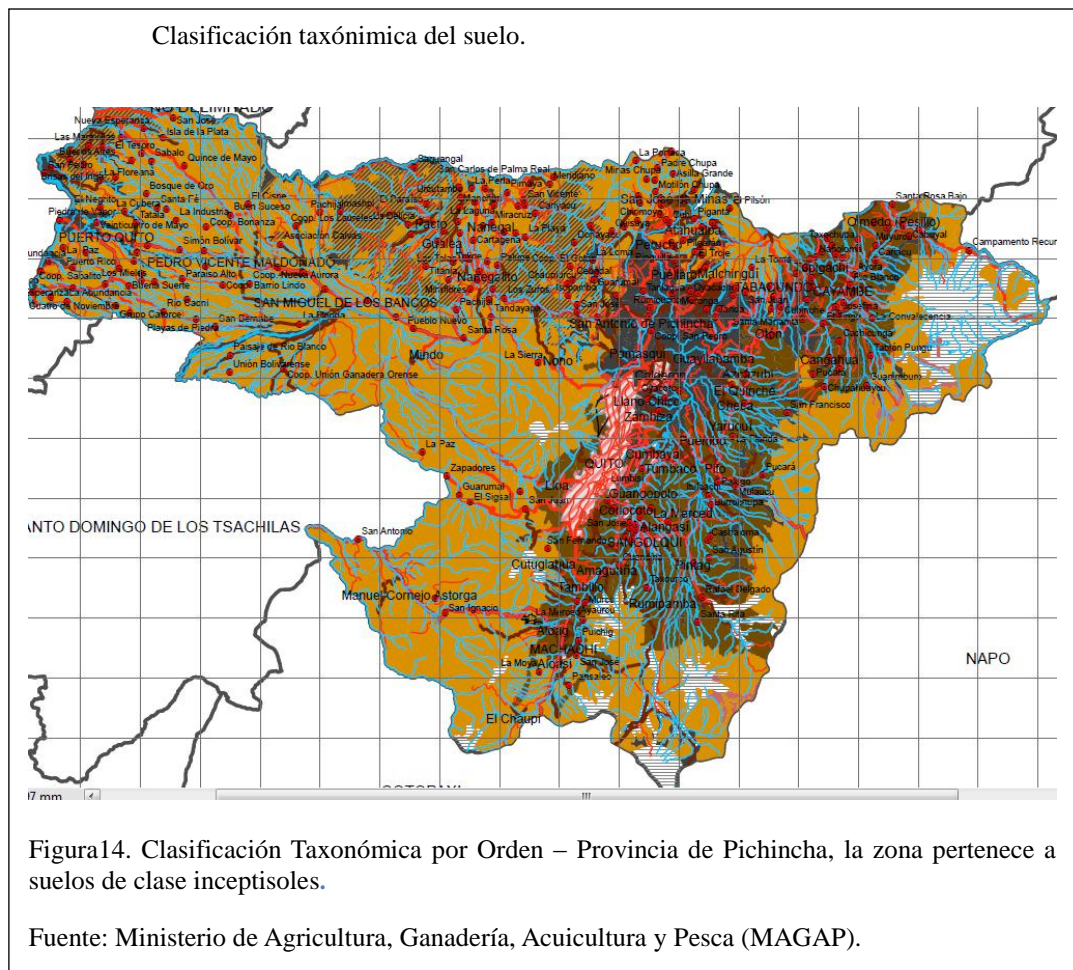


2Figura 13. EL sitio del muestreo corresponde a una formación geológica cretáceo superior.

Elaborado por: Amanda Rivera G – Base de Datos DMQ.

### 2.4.3 Clasificación del Suelo

En la Provincia de Pichincha de acuerdo a la información del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP),Figura, el área de estudio corresponde a inceptisoles que son suelos volcánicos recientes con pH y fertilidad variables y con alto contenido de materia orgánica.



#### 2.4.4 Aptitud Agrícola

La mayoría de fincas en el sector presentan gran cantidad de bosque con vegetación nativa de la zona; algunos de estos bosques han sido transformados en cultivos de ciclo corto , ganadería y extracción de madera (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), 2010, pág. 72), en el sector el propietarios de una finca participa en el Programa Socio Bosque que es impulsado por el MAGAP, con el objetivo de prevenir la tala de árboles y mantener la vegetación de las zonas.



Mapa de aptitudes agrícolas Zona de estudio.

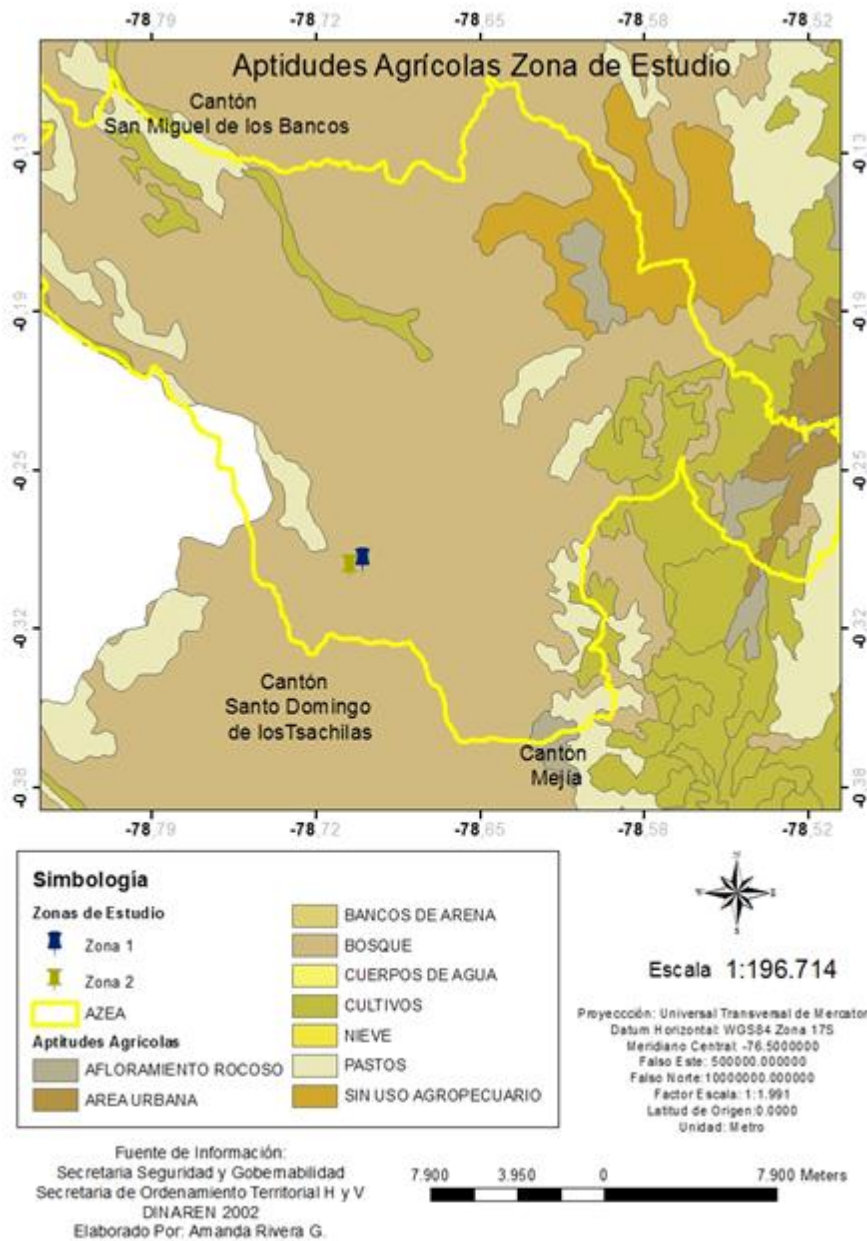
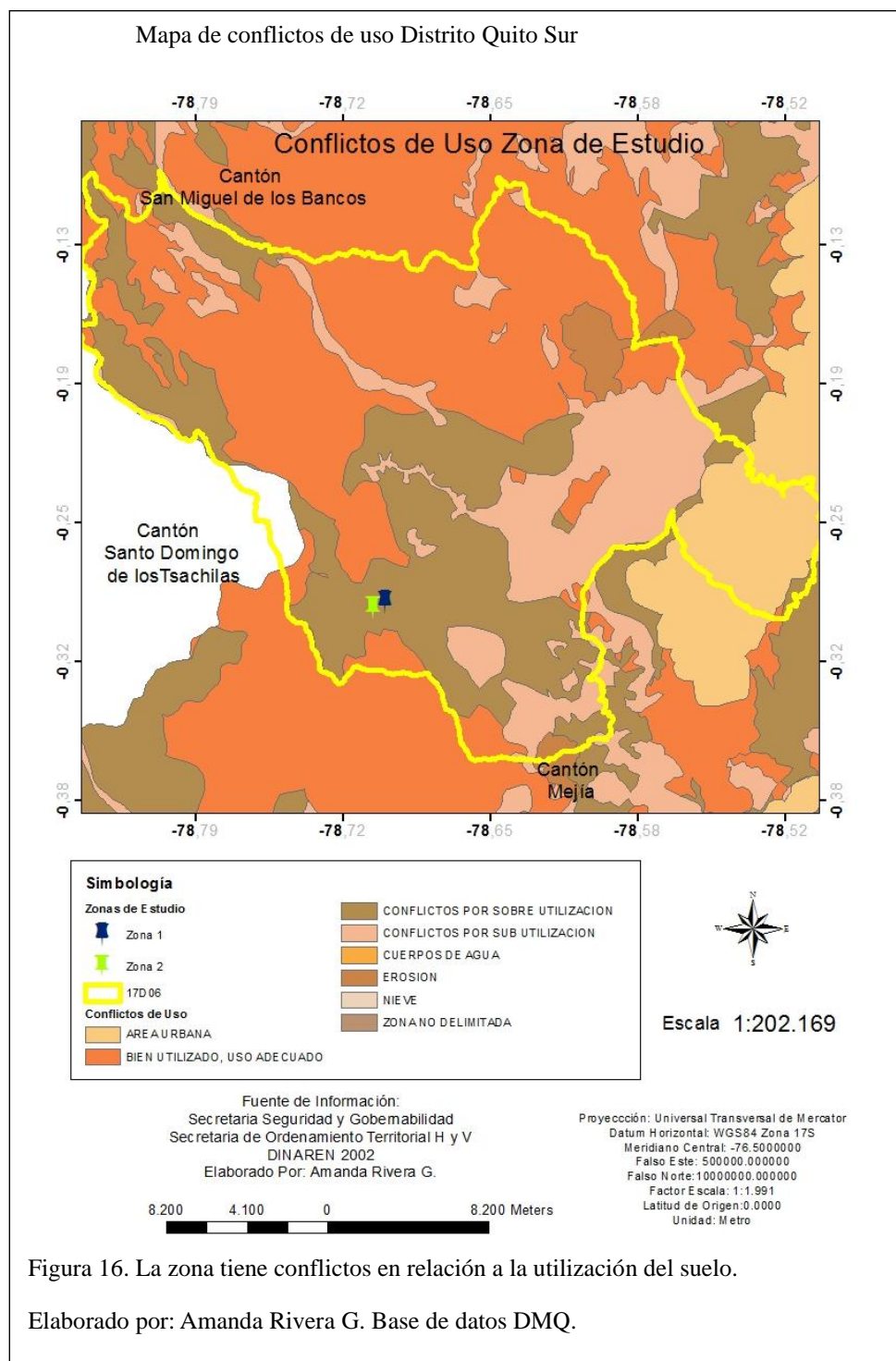


Figura 15. La figura muestra que la zona de estudio corresponde a una aptitud agrícola de bosque.

Elaborado por: Amanda Rivera G. Base de Datos MAGAP.

## 2.4.5 Conflictos de Uso



Varios de los pobladores y pobladoras de la zona se dedican al comercio de la madera, sin ningún tipo de regulación y reforestación de las áreas, otra parte de la población deforesta áreas cambiando su uso para cultivos.



## 2.4.6 Cobertura Vegetal

El área de estudio forma parte del Bosque Húmedo dentro de la categorización realizada por el Municipio del Distrito Metropolitano de Quito:

Constituye el 29.44% con una superficie de 124.818 has, forma parte de la categoría de vegetación natural de formaciones vegetales arbóreas húmedas, que se localizan principalmente en el flanco izquierdo de la cordillera occidental, con doseles que van desde los 20 a 30 m de altura. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010, pág. 22).

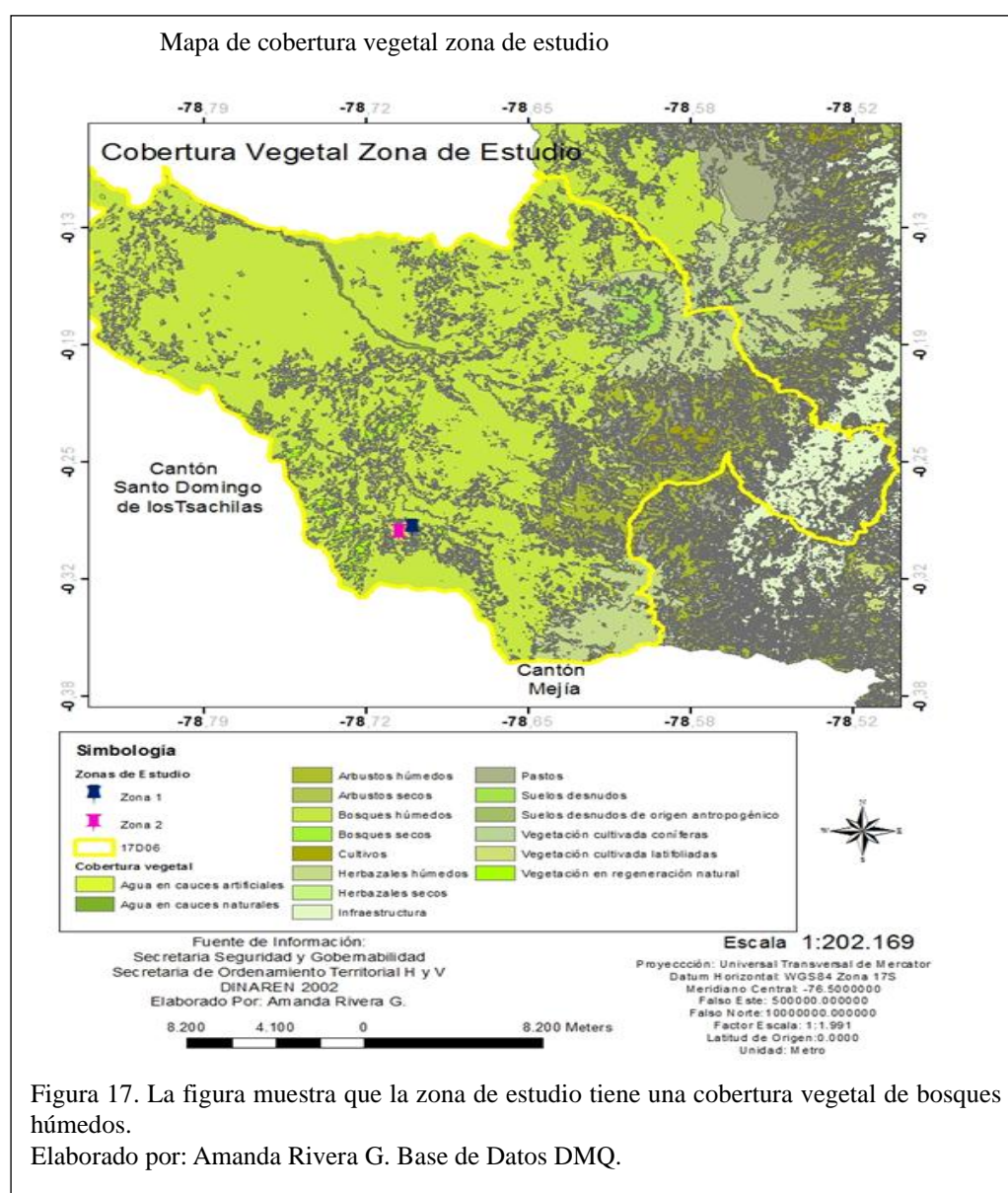


Figura 17. La figura muestra que la zona de estudio tiene una cobertura vegetal de bosques húmedos.  
Elaborado por: Amanda Rivera G. Base de Datos DMQ.

## 2.5 Hidrografía

La red hidrográfica del DMQ, está asociada a la Cuenca del Río Esmeraldas, cuenta con 71 microcuencas dentro de las subcuencas del Río Blanco y Río Guayllabamba, que conforman la red interandina del drenaje. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010, pág. 32). El área de estudio corresponde a la Microcuenca del Saloya tal como lo describe la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

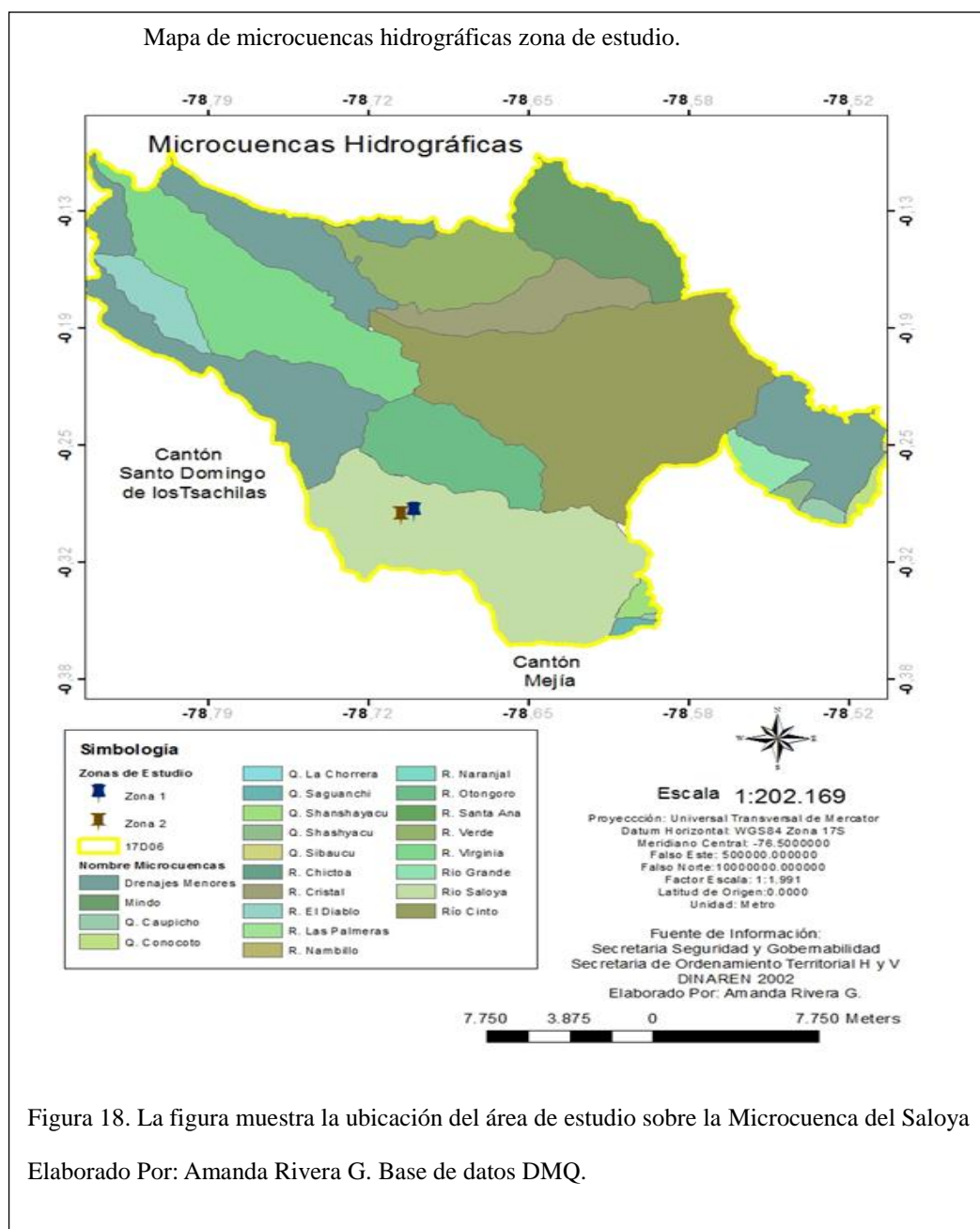


Figura 18. La figura muestra la ubicación del área de estudio sobre la Microcuenca del Saloya  
Elaborado Por: Amanda Rivera G. Base de datos DMQ.

## 2.6 Ecosistemas

Como se muestra en la figura el área pertenece al Bosque Pluvial Montano.

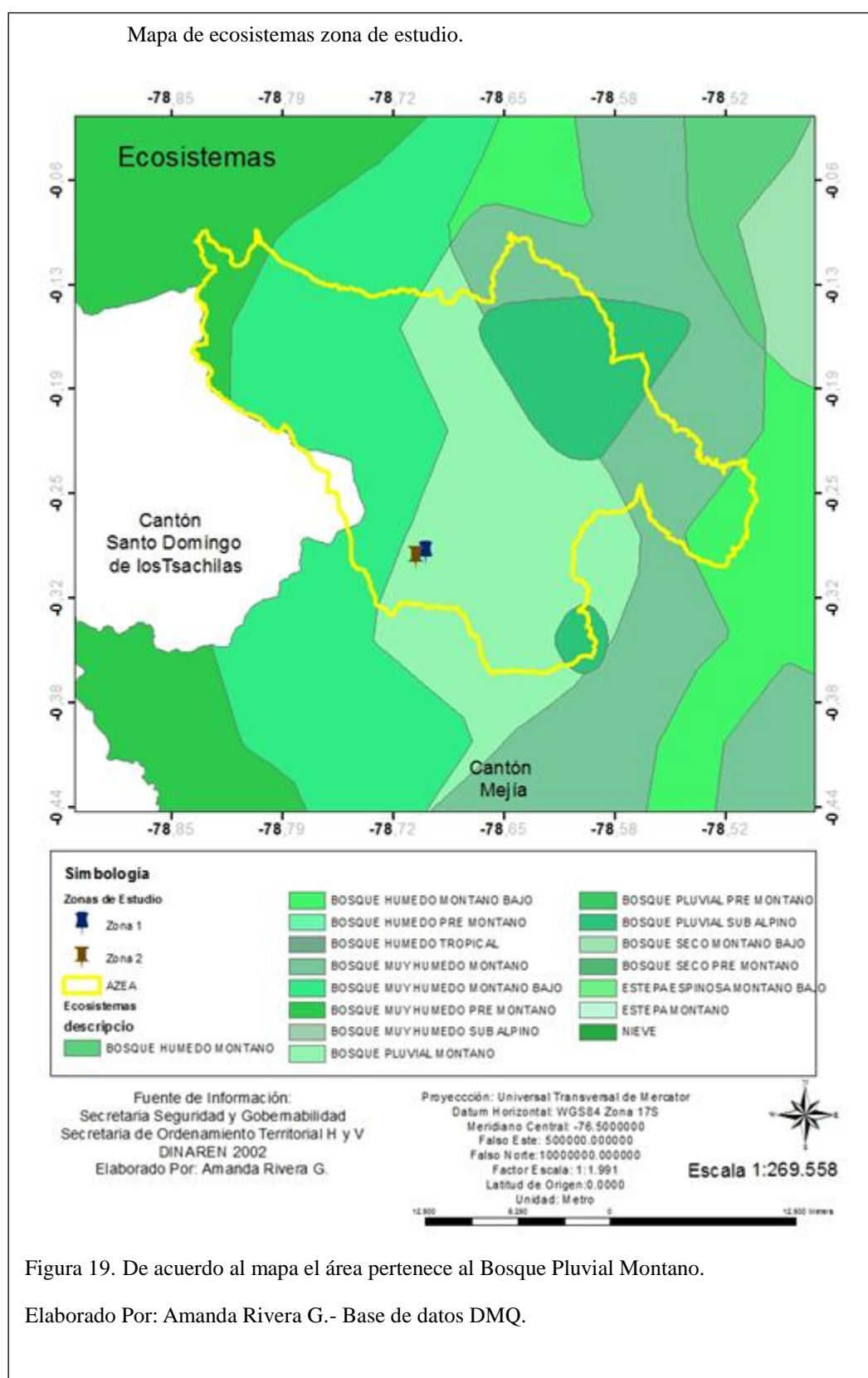


Figura 19. De acuerdo al mapa el área pertenece al Bosque Pluvial Montano.

Elaborado Por: Amanda Rivera G.- Base de datos DMQ.

## 2.7 Flora

Gran parte de Lloa está compuesto por Bosques Protectores como Santa Rosa, Yanquel y Toaza, en el sector del Río Saloya se puede encontrar gran variedad de especies; de acuerdo al estudio de Áreas Naturales del DMQ, en el sector se registraron 82 especies de plantas vasculares de 66 géneros y 47 familias, las familias más diversas fueron: Melastomataceae y Solanaceae, con cinco especies cada una y Myrsinaceae con cuatro especies. Existen nueve especies endémicas locales como la *Geissanthus ecuadorensis* que se encuentra en una categoría de vulnerable de acuerdo al Libro Rojo de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, (UICN); el 61% son especies arbóreas, el 28% son arbustivas, 6% son epifitas, el 2% son trepadoras, el 1% son palmas y herbáceas. (Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, 2010, pág. 72)

En campo se pudieron distinguir las siguientes especies:

Tabla 10.

Especies observadas en el área de estudio.

FAMILIA	Nombre Científico	Nombre Común
<b>Araliaceae*</b>	<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	Pumamaqui
<b>Urticaceae</b>	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo
<b>Oleaceae</b>	<i>Olea europaea</i>	Olivo
	<i>Myrcianthes leucoxyla</i>	Arrayán
<b>Bignoniaceae</b>	<i>Delostoma integrifolium</i>	Yaloman
<b>Lauraceae</b>	<i>Persela caerulea</i>	Aguacatillo
<b>Juglans Neotropical</b>	<i>Juglandaceae</i>	Nogal
<b>Meliaceae</b>	<i>Cedrela odorata L.</i>	Cedro
		Manzano

Notas: \* especie endémica.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

También se distinguen especies conocidas por su nombre común como: sangre de drago, cascarillo, casca blanca, casca dorada, piedrita, juan negro, maco, colca de mata, mata palos, calahuala, cachamote, sunfo, iguirilla, pugse, guabo, guaviduca, fuchsias, bromelias, lirios de cerro, flor de mayo, utilizados como medicina natural, así como, una gran variedad de orquídeas.

## 2.8 Fauna

Se registran 23 especies de mamíferos de 15 familias y 7 órdenes, dentro de las especies que destacan son el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el tigrillo andino (*Leopardus trigrinus*), y el puma (*Puma concolor*), considerados como vulnerables, y especies endémicas como el puerco espín, ratón andino de cola larga, musaraña ecuatoriana (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), 2010, pág. 72).

En relación a las aves de acuerdo al Diagnóstico Bioecológico y Socioambiental se registran 83 especies de 24 familias y 10 órdenes entre los 2520 y 2869 m de altitud; en altitudes de 2900 a 3130 m de altitud 72 especies; familias como Thraupidae y Trochiidae son las predominantes que corresponden a Tangaras y Colibríes respectivamente. Dentro de las especies vulnerables se encuentra el Tucán Andino Piquilaminado. (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), 2010, pág. 72)

En macroinvertebrados se registran 1743 individuos que corresponden a seis clases, 39 familias y 58 géneros. (Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN), 2010, pág. 72).

## **CAPÍTULO 3**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

La elaboración del proyecto de investigación fue desarrollado en campo y laboratorio; dentro de las actividades de campo se realizaron diez visitas al sitio de estudio que incluyeron la toma de muestras y su georeferenciación para la elaboración de mapas; en el laboratorio se analizaron las muestras mediante técnicas analíticas que se describirán detalladamente en este capítulo.

#### **3.1 Materiales y Equipos**

Para la ejecución tanto de trabajo de campo como de análisis en laboratorio para el estudio se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

##### **3.1.1 Equipo y materiales de Campo**

- Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
- Palas
- Fundas plásticas herméticas debidamente identificadas
- Hielera
- Cuerdas

##### **3.1.2 Equipo, materiales y reactivos de laboratorio**

- Dentro del equipo de laboratorio se utilizó:
- Estufa de secado
- Medidor de pH
- Tamizadora
- Hidrómetro de bouyoucos
- Balanza de precisión.
- Vasos de precipitación
- Balones

- Pipeta
- Vidrio reloj
- Embudos
- Hexametafosfato de sodio
- Dicromato de potasio
- Almidón
- Ácido sulfúrico
- Ácido fosfórico
- Yoduro de potasio

## **3.2 Métodos**

### **3.2.1 Metodología de para determinar el sitio de muestreo**

En base al registro de incendios forestales y quemas prescritas ocurridos en el Distrito Metropolitano de Quito, se solicitó información al COE Metropolitano, obteniendo un listado de las áreas afectadas por incendios forestales con sus porcentajes tal como se detalló en el ítem de Registro de incendios forestales en Quito 2012; esta base permitió realizar un primer análisis de los lugares en función de las características climáticas, ambientales y sociales para establecer de ese modo un primer filtro de información. Consecuentemente mediante la indagación en mapas del Cuerpo de Bomberos de Quito, se pudo determinar las áreas con alta ocurrencia y propagación de incendios especificado en el ítem 1.7.

Mediante este análisis se concretó que el estudio se ejecutaría en la Parroquia de Lloa en parte de la Microcuenca del Saloya; posteriormente se visitó el sector del Guarumal uno de los sitios afectados, considerando que había accesibilidad al sitio del incendios y hubo una respuesta favorable del propietario de la finca, se definió este lugar para la toma de muestras.

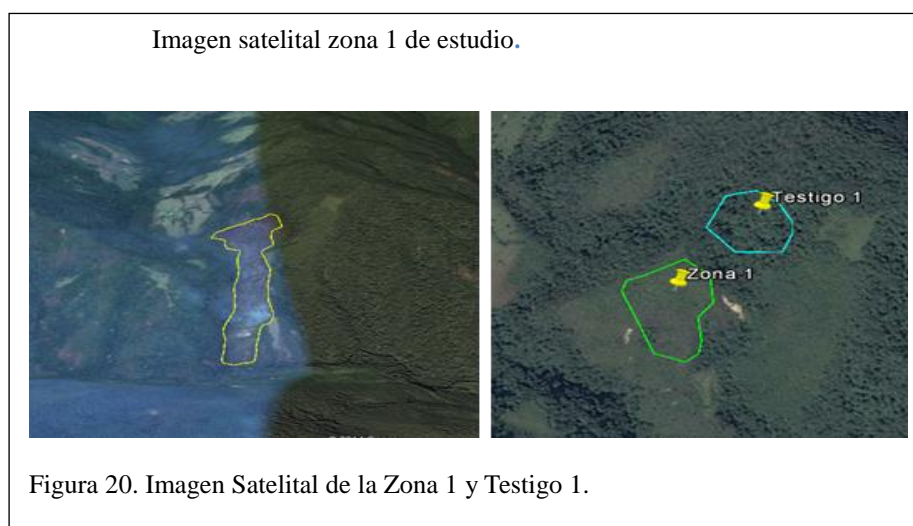
Mediante la herramienta de google earth y un GPS, se georeferenció el lugar y realizó un cálculo aproximado de las áreas afectadas, estableciendo valores aproximados de 5,2 has (52401.932 m<sup>2</sup>), de una pendiente escarpada que va desde

una altitud de 2621 a 2102 msnm aproximadamente que para fines del estudio de denomina Zona 1. Posteriormente se definió otra área que fue afectada por una quema prescrita de aproximadamente 1,3 has (13167.381 m<sup>2</sup>), la cual se denominará Zona 2, de pendiente moderada de una altitud que fluctúa entre los 2010 a 2040 msnm.

### 3.2.2 Metodología de muestreo.

Las muestras fueron recogidas al azar dentro de los polígonos de afectación en las zonas accesibles a una distancia aproximada de 7 m entre cada muestra, longitud que variaba en función de pendiente, la cantidad de muestra correspondía a 300 gramos aproximadamente a una profundidad de 5 cm, puesto que, como el suelo es un mal conductor de calor las temperaturas alcanzadas a mayor profundidad son más bajas. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 162)

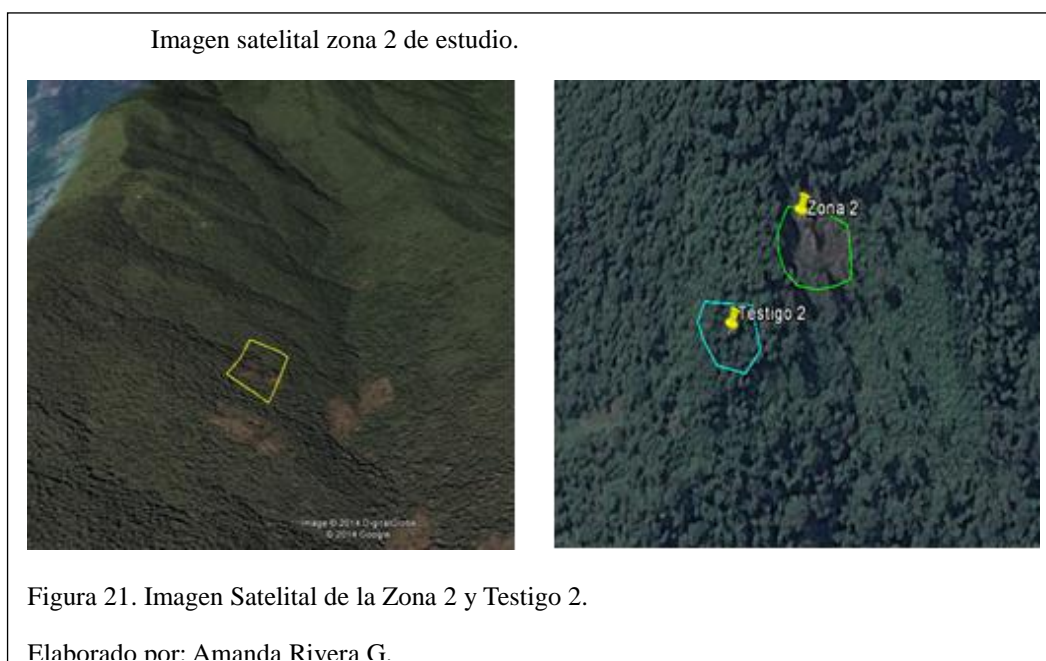
La Zona 1, comprende un sector con un incendio forestal registrado el 16 septiembre de 2012 con una duración aproximada de 10 días; para la elaboración del polígono se consideró un área de 2695.038m<sup>2</sup>, (accesible), tomando 20 unidades en la zona afectada y 8 en el testigo, en época de verano.



La Figura 21, corresponde a la Zona 2 de muestreo, constituye un área de quema prescrita registrada el 30 de septiembre de 2014 de 4 a 6 horas de duración., de la cual se tomaron 15 muestras del área afectada y 10 muestras del área testigo. Las



muestras fueron tomadas el 01 de octubre de 2014.



### 3.2.3 Metodología de Análisis de Laboratorio

Las variables consideradas para el estudio son el pH, conductividad eléctrica, textura, carbono orgánico, nitrógeno orgánico y repelencia al agua, son algunos de los parámetros importantes del suelo que permiten determinar su calidad; a continuación se presentan los métodos utilizados para el análisis en laboratorio.

#### 3.2.3.1 pH

Se analizó mediante Método Electroquímico, mide el potencial entre dos electrodos: estable y otro indicador, este último es de vidrio selectivo para el  $H^{++}$ , cuyo interior tiene una solución de pH constante. La diferencia de potenciales se mide cuando los  $H^{++}$  se mueven desde la solución más concentrada a la más diluida. (Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera, 2013)

#### 3.2.3.2 Textura

Se realizó mediante el procedimiento de la Pipeta de Robinson Basado en el principio de sedimentación, tiene su fundamento en la Ley de Stokes.

Otro método realizado fue por el densímetro de Boyoucus. A diferencia del anterior método la sedimentación en este caso es continua, y se realiza mediante la medida de las densidades variables de la suspensión de suelo en agua a medida que las partículas se van depositando, tomándose en intervalos de tiempo también determinados con la Ley de Stokes. (González, Leal, Lillo, Bustamante , & Palacios, 2010).

### **3.2.3.3 Carbono Orgánico**

Se realizó mediante la oxidación con dicromato de potasio, que consiste en la determinación cuantitativa de la materia orgánica; se realiza analizando el carbono orgánico mediante volumetría de oxidación-reducción por retroceso, oxidando la materia orgánica del suelo con un oxidante en exceso, el dicromato potásico ( $K_2Cr_2O_7$ ), posteriormente valorado empleando la Sal de Mohr como valorante. (Fernández, y otros, 2006, pág. 25)

### **3.2.3.4 Nitrógeno Orgánico**

Se desarrolló mediante el Método Kjeldahl consiste en: Digestión: por calentamiento con ácido sulfúrico y por una mezcla de sales que aceleran y facilitan tanto la oxidación de la materia orgánica.

Destilación: por la acción del calor se descompone en amoníaco ( $NH_3$ ) y agua.

Valoración: El amoníaco desprendido por la reacción se recoge en un volumen conocido de solución valorada de ácido bórico y por comparación con un blanco se determina la cantidad de ácido que reaccionó con el  $NH_3$ . (Fernández, y otros, 2006)

### **3.2.3.5 Repelencia al Agua**

Mediante el método Water Drop Penetration Time (WDPT), consiste en colocar una gota de agua sobre la superficie afectada del suelo y tomando el tiempo en la cual la gota penetrará al suelo, obteniendo de esta manera el tiempo de infiltración del agua

valorando las propiedades hidrológicas del suelo.

El Test del porcentaje de etanol (MED), es otro de los métodos, que a diferencia del anterior permite conocer la intensidad de la repelencia al agua; mediante la aplicación de gotas con distinta concentración de etanol sobre la superficie del suelo proporcionando un dato indirecto de la tensión superficial del suelo.

#### **3.2.4 Metodología de Análisis Estadístico.**

El tratamiento de los resultados se desarrolló mediante estadística aplicada, estableciendo el tamaño de la muestra para la zona 1 con 20 unidades; testigo 1 con 8 unidades, zona 2 con 15 unidades; testigo 2 con 10 unidades. Para lo cual previo levantamiento en campo del polígono de afectación – testigo y con las imágenes satelitales se trazaron parcelas en un Sistema de Información Geográfica, permitiendo de este modo visualizar espacialmente su ubicación. Para obtener mayor precisión de los datos en los ensayos se realizó un mínimo de tres repeticiones; se analizaron los datos utilizando medidas de tendencia central como el promedio con el cual se identificó la media de los datos, adicional el cálculo de la desviación estándar para conocer la dispersión de los datos en relación a la media y correlación lineal para relacionar las variables de materia orgánica y repelencia al agua.

#### **3.2.5 Metodología de Presentación de Resultados en un SIG**

Con la base de datos generada tras los análisis de laboratorio y la georreferenciación de los puntos de muestreo en una matriz se introdujeron en un Sistema de Información Geográfica denominado ArcGis, el cual permite una visualización y comparación espacial de los resultados.

#### **3.2.6 Metodología de Difusión de Resultados**

Una de las estrategias de prevención de incendios forestales fue el explicar el manejo del fuego en estas zonas a propietarios de las fincas, esta actividad se desarrolló

mediante un taller de sensibilización tomando como base los resultados obtenidos en el estudio.

## CAPÍTULO 4

### MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

#### 4.1 Preparación de muestras

Las muestras de suelos afectados y los testigos fueron sometidas a proceso de secado a temperatura ambiente (de 28 a 32° C) en laboratorio, hasta alcanzar la humedad ambiental, este proceso se hace extendiendo las muestras en una lugar plano protegiéndolas de contacto directo con suelo, posteriormente fueron homogeneizadas con rodillo manual y se retiro el exceso de materia orgánica con tamiz de 2mm, conforme lo menciona la Norma ISO 11464:2006 Soil quality - Pretreatment of samples for physico-chemical analysis.

#### 4.2 Humedad del Suelo

##### Materiales

- Muestras de suelo.
- Espátula.
- Charolas o papel aluminio a peso constante.
- Balanza analítica
- Estufa.

**Procedimiento:** Primero se pesó las cajas Petri en balanza analítica y se las colocó en el desecador a 105°C hasta tener peso constante; se puso las cajas Petri en balanza analítica y se procedió a tarar. Se situó la muestra representativa del suelo fresco húmedo (20g) durante 48 horas a una temperatura de 25°C, se determinó el peso seco de la caja Petri más la muestra de suelo seco en balanza analítica hasta obtener un peso, se tomó tres veces el dato del peso de la muestra de suelo seco cada una hora hasta obtener un peso constante.

Secado de las muestras de suelo.



### 4.3 pH del Suelo

Se pesó 6 gramos de muestra de suelo fresco se vertió 15 mililitros de agua destilada, se agitó la muestra en plancha agitadora a 5 rpm durante 5 minutos, posteriormente se dejó reposar 30 minutos. Seguidamente se midió el pH con el pH-metro asegurando que el electrodo debe tomar contacto con las partículas sobrenadantes.

Análisis de pH en laboratorio.



Figura 23. Fotografía de análisis de pH mediante el uso de pH-metro.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

Para la interpretación de resultados se tomo los criterios de la United States

Department of Agriculture (USDA), que se presentan a continuación:

Tabla 11.

Criterios de pH.

pH 1:2,5	Carácter
<4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,0	Muy fuertemente ácido
5,0 – 5,5	Fuertemente ácido
5,5 – 6,0	Medianamente ácido
6,0 – 6,5	Ligeramente ácido
6,5 – 7,3	Neutro
7,3 – 7,8	Mediamente Básico
7,8 – 8,4	Básico
8,4 – 9,0	Ligeramente alcalino
9,0 – 10,0	Alcalino
> 10,0	Fuertemente alcalino

Notas: Carácter del suelo atendiendo a la medida del pH de la solución de suelo.

Fuente: U.S.D.A.

## Materiales

- Muestra de suelo.
- Agua destilada.
- Vasos de precipitado de 25 ml.
- Pipeta de 10 ml.
- Piceta con agua destilada.
- Solución amortiguadora de pH 7 y 4.
- Agitadores magnéticos.
- Balanza analítica.
- pH-metro

### 4.4 Textura.

Para el análisis de textura se pesó 5 g de suelo seco, sin materia orgánica (raíces) y se procedió a molerlo y tamizarlo a través de una malla de < 2, se colocó la muestra en un vaso de precipitación de 250 ml; se agregó a la botella con suelo 10 ml del dispersante hexametáfosfato de sodio con la ayuda de una pipeta, se aforó a 50 ml

con agua destilada, con la ayuda de una probeta, se agitó la botella con suelo, agua y dispersante por 5 minutos, y se dejó a reposar por 12 horas. Después del periodo del reposo se agito nuevamente a 3 rpm. Se pasó la suspensión por el tamiz N° 315 mallas, recogiendo el filtrado en un vaso de precipitación. (usando la menor cantidad de agua para separar la arena que se quedará en el tamiz; la arcilla y el limo quedará en la suspensión), la suspensión se pasó al vaso de precipitación de 250 ml y se agregó agua destilada hasta alcanzar un volumen de 200 ml con ayuda de una probeta; Agitar la suspensión durante 2 minutos con la ayuda de un agitador magnético a 3 rpm y dejar reposar por 1 hora 21 minutos 40 segundos, después se toma una alícuota de 25 ml a la profundidad de 2 cm con una pipeta, se colocó la alícuota de 25 ml en un vaso de precipitación previamente pesado y se dejó secar en estufa a 105°C hasta peso constante, posteriormente se enfrió en el desecador. Las arenas retenidas en el tamiz N° 315 mallas pasadas fueron secadas en la estufa a 105°C hasta peso constante.

**Análisis de textura.**



**Figura 24.** Fotografía de suspensión en Tamiz N° 315 mallas, el contenido de arena se visualiza en el tamiz.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

**Suspensión restante.**





## Cálculos

Se ejecutaron mediante la fórmula:

$$\% \text{ de arena} = \left( \frac{B}{A} \right) \times 100$$

Dónde:

A= peso de la muestra

B= peso de las arenas

$$\% \text{ de arcilla} = \left( \frac{E}{A} \right) \times 100$$

Dónde:

$$C = \text{peso de arcilla} + \text{limo} = (A - B)$$

$$\% \text{ de limo} = \left( \frac{F}{A} \right) \times 100$$

D = peso del suelo en la alícuota (partículas < 0.002 mm)

E = peso de arcilla = D x 8.

F= peso de limo = A – B – E.

## Materiales y Reactivos

- Tamiz de 2mm
- Vaso de precipitación de 250ml
- Probeta
- Pipeta

- Hexametafosfato de sodio
- Agitador
- Estufa
- Desecador
- Balanza Analítica.
- Tamices de 315 mallas.

### Método del Densímetro

Se realiza mediante la medida de las densidades variables de la suspensión de suelo en agua a medida que las partículas se van depositando, tomándose en intervalos de tiempo también determinados con la Ley de Stokes. (González, Leal, Lillo, Bustamante , & Palacios, 2010, pág. 111).

El procedimiento consistió: pesar 50 gramos del suelo tamizado a 2mm, se preparó la solución de hexametafosfato de sodio al 4%, se vertió 25ml de la solución preparada en cada una de las muestras dejándolas reposar por una noche. Posteriormente se pasó el contenido al cilindro de 1000ml (probeta) colocando agua destilada hasta llegar a la marca de 1000ml, se agita y colocó el hidrómetro dentro tomando el tiempo a los 40 segundos y a las 2 horas de haber colocado el hidrómetro, por las condiciones de temperatura a 19°C no fue necesario realizar el factor de corrección a las lecturas tomadas del hidrómetro.

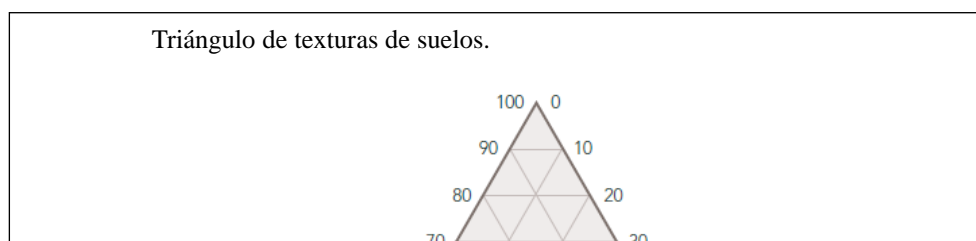
Los cálculos se realizaron mediante las siguientes fórmulas:

Arenas totales% =  $100 - (\text{lectura corregida a los 40 segundos} \times 100 / \text{gramos de muestra utilizados})$

Arcilla total % =  $(\text{lectura corregida a los 2 horas} \times 100 / \text{gramos de muestra utilizados})$

Limos % =  $100 - (\text{Arenas} + \text{Arcillas})$

Con estos datos se determina la clase textural través del triángulo de texturas, en el cual se muestran los porcentajes de arena, limo y arcilla.



De acuerdo a los resultados el suelo se puede categorizar en tres grupos como: textura gruesa dentro de los cuales se encuentran suelos arenoso, areno-francoso y franco-arenoso; textura media dentro de los cuales se encuentran suelos francos, franco-arcillos-arenosos, franco-limoso, limoso, arcillo-arenoso; textura fina dentro de los cuales se encuentran suelos Franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso, arcillo-limoso, arcilloso. (González, Leal, Lillo, Bustamante , & Palacios, 2010, pág. 12). A continuación se presentan algunas propiedades para estos diferentes tipos de texturas.

Tabla 12.

Textura y comportamiento probable de suelo

Propiedad	Textura		
	Gruesa	Media	Fina
Permeabilidad	Alta	Media	Baja
Superficie específica	Baja	Media	Alta
Compacidad	Baja	Media	Alta

Capacidad de cambio	Baja	Media	Alta
Dificultar de laboreo	Intermedia	Fácil	Difícil
Capacidad de retención de agua	Baja	Media - alta	Alta
Energía de retención de agua	Baja	Media	Alta

---

Fuente (González, Leal, Lillo, Bustamante , & Palacios, 2010).

#### **4.5 Conductividad Eléctrica**

Se procedió a calibrar el conductímetro, con una solución estándar de KCl, 0.1 N y 0.01 N, se pesaron 6 gramos de muestra de suelo fresco se colocó 15 mililitros de agua destilada, se agito la muestra a 5 rpm durante 5 minutos, después de dejado reposar las muestras por 30 minutos se procede a la medición.

#### **Material y equipo**

- Muestra de suelo seco y molida en un mortero.
- Balanza analítica.
- Frascos de plástico de boca ancha de 250 ml.
- Vaso de precipitado de 100 ml.
- Bureta.
- Espátula.
- Papel filtro.
- Embudo Buchner.
- Pipeta de 10 ml.
- Matraz Kitazato.
- Piceta con agua destilada.
- Bomba de vacío.
- Probeta.
- Conductímetro.
- Frascos.
- Agua destilada.
- Matraz aforado de 100 ml.

Tabla 13

Criterios para evaluar un suelo en base a su conductividad

Categoría del Suelo	Valor (mmhos/cm o dS/m)
No salino	0 -2,0
Poco salino	2,1 – 4,0
Moderadamente salino	4,1 – 8,0
Muy salino	8,1 – 16,0
Extremadamente Salino	> 16

Notas: dS= deciSiemens por metro.

Fuente Vázquez y Bautista (199).

Tabla 14.

Relación entre conductividad eléctrica y comportamiento del suelo.

CE dS/m	Comportamiento del Suelo
0 – 0,12	Escasos Nutrientes
0,12 – 0,35	Deseable para plantas sensibles a las sales
0,35 – 0,60	Óptimo para la mayoría de cultivos
0,60 – 0,85	Reducción del Crecimiento
0,85 – 1,00	Síntomas de toxicidad
> 1,10	Tóxico para la mayoría de las plantas

Notas: CE= Conductividad Eléctrica; dS/m=deciSiemens por metro.

Fuente: (Fernández, y otros, 2006)

## 4.6 Carbono Orgánico

El Carbono orgánico se determinó por oxidación por vía húmeda utilizando dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ) en medio ácido, se pesó 0.5 gramos de suelo, se preparó una solución de dicromato de potasio 1N (49.04 gramos aforar a 1 litro), se colocaron 10 ml de dicromato y 10 ml de  $H_2SO_4$  concentrado en las muestras dejando reposar por una noche, se vertió 5 ml de Ácido Fosfórico al 56% en la muestra y aforamos a 100ml, se preparó yoduro de potasio al 20% (5 gramos se aforan en 25 ml de agua destilada), se preparó la solución de almidón (5 gramos se aforan en 1 litro de agua destilada), y se preparó la solución titulante (25 gramos se aforan en 1 litro de agua destilada). Tomamos una alícuota de 10 ml de nuestra muestra y la colocamos en un vaso de precipitación, añadimos 1ml de almidón y 2 ml de yoduro de potasio y aforando hasta aproximadamente a 200 ml, titulamos con el titulante hasta notar el cambio de color verde oscura a un verde esmeralda o azul

claro celeste, se registra el consumo del titulante y se procede a los cálculos.

Para la interpretación se utilizó la siguiente tabla N°15:

Tabla 15.

Niveles porcentuales de carbono orgánico en los suelos y su interpretación cuantitativa.

Interpretación	Carbono Orgánico
Alto	Mayor de 2.5
Medio	1 a 2.5
Bajo	Menor de 1

Fuente: (Fernández, y otros, 2006)

#### 4.7 Materia Orgánica

La materia orgánica es un factor activo en el suelo que ejerce un efecto directo en su productividad, mejora su estabilidad permitiendo mejor el intercambio y retención de cationes, favoreciendo la porosidad mejorando su aireación y filtración de agua. El análisis de la materia orgánica parte de la determinación del carbono orgánico (proceso realizado por el método de oxidación del dicromato de potasio); su contenido se obtiene multiplicando el valor del carbono orgánico por la constante 1,72972, valor desarrollado por Walkley deducido estadísticamente considerando que la materia orgánica contiene un 58% de carbono orgánico. (Almendros, González, Gonzáles - Pérez, Knicker, & de la Rosa, 2010).

El porcentaje de la materia orgánica se calcula de la siguiente manera:

% Materia Orgánica= el % de Carbono se multiplica por la constante 1.724.

#### 4.8 Nitrógeno

La determinación de nitrógeno total se realiza con el método Kjeldahl (Modificado por Bremner, 1965), que se “caracteriza por el uso de ebullición, ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado in situ o por destilación alcalina y titulación”. (Romero, 2013)

El método Kjeldahl comprende tres fases fundamentales:

- i. Digestión de la muestra. La muestra de suelo se somete a una digestión por calentamiento con ácido sulfúrico y por una mezcla de sales que aceleran y facilitan tanto la oxidación de la materia orgánica como la conversión de todas las formas de nitrógeno en  $N^{+3}$ , que en medio ácido se encuentran en forma de radical amonio ( $NH_4^{+}$ ); es decir, se llevan las formas orgánicas a formas minerales de nitrógeno.
- ii. Destilación. Una vez transformado el nitrógeno en  $NH_4^{+}$ , se expone a una base fuerte como el hidróxido de sodio para formar hidróxido de amonio, que por la acción del calor se descompone en amoníaco ( $NH_3$ ) y agua.
- iii. Valoración. El amoníaco desprendido por la reacción se recoge en un volumen conocido de solución valorada de ácido bórico y por comparación con un blanco se determina la cantidad de ácido que reaccionó con el  $NH_3$ . (Fernández, y otros, 2006).

#### Material y equipo

- Muestra de suelo seco y molido con un mortero.
- Probetas.
- Digestor.
- Matraz
- Pipeta.
- Destilador.
- Soporte universal con pinza.
- Balanza analítica. Matraces Kjeldahl. Vasos de precipitados
- Matraces Erlenmeyer de 1 L.
- Perlas de ebullición.
- Bureta.

#### Procedimiento:

Digestión: se pesó una muestra de suelo de 0.25 a 1 g, esto depende de la materia orgánica que contenga el suelo, mientras mayor sea la materia orgánica menor cantidad de suelo; se colocó la muestra de suelo en un matraz Kjeldahl seco; se adicionó 2 g de mezcla sulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) y sulfato de cobre pentahidratado ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) que actúan como catalizadores, se agregó 5 ml de ácido sulfúrico concentrado se procedió a calentar en el digestor a una temperatura media, hasta que la muestra se torne clara, la muestra se dejó hervir por una hora a partir de ese momento y por último se apagó el digestor y tapó con un frasco los matraces para dejar enfriar.

Destilación: se añadió al matraz Kjeldahl frío 25 ml de agua destilada y mezcló hasta una disolución completa; se transfirió el líquido a un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Colocar de 5 a 6 perlas de ebullición; se adicionó 3 granallas de zinc y 15 ml de la solución de hidróxido de sodio 10 N, sosteniendo el matraz inclinado de modo que se deposite en el fondo. En la salida del aparato de destilación se colocó un vaso de precipitados de 50 ml, que contenga 10 ml de la solución de ácido bórico más indicador. Se inició la destilación hasta que el volumen alcance la marca de 20 ml en el vaso de precipitados de 50 ml. Una vez alcanzado dicho volumen se retiró el matraz y apagó el equipo. Titular el nitrógeno amoniacal con la solución de ácido sulfúrico 0.01 N hasta que vire de verde a rosado fuerte. Se realizó un blanco siguiendo los pasos del 3 al 15.

Cálculos:

Calcular la concentración de nitrógeno, sustituyendo en la siguiente fórmula:

$$\text{Nitrógeno (\%)} = \frac{(T - B) \times N \times 1,4}{S}$$

Dónde:

T = ml de ácido sulfúrico gastados en la muestra.

B = ml de ácido sulfúrico gastados en el blanco.

N = normalidad exacta del ácido sulfúrico.

S = peso de la muestra de suelo.



Para la interpretación de resultados se estableció mediante la siguiente categorización propuesta por Moreno.

Tabla 16

Criterios para evaluar un suelo en base en su contenido de nitrógeno.

Categoría	Valor (%) de nitrógeno en suelo
Extremadamente pobre	< 0,032
Pobre	0,032 – 0,063
Medianamente pobre	0,064 – 0,095
Medio	0,096 – 0,126
Medianamente Rico	0,127 – 0,158
Rico	0,159 -0,221
Extremadamente Rico	> 0,221

Fuente. Fernández, y otros, 2006.

#### 4.9 Repelencia al Agua

Mediante el WDTP cuya fue explicada en el capítulo anterior se utilizaron los siguientes materiales: agua destilada, caja Petri, estufa, tamiz < 2mm, gotero, cronómetro. Se desarrolló mediante el siguiente procedimiento: se secaron las muestras a 25°C hasta peso constante, se tamizaron las muestras < 2mm., se dejaron reposar las muestras a 20°C y humedad relativa del 50% durante 7 días para reducir los efectos de la variación atmosférica, se colocaron de 5 a 15 gotas a una distancia de 15mm y el volumen de la gota no superior a 0,05ml, mediante un cronómetro se registró el tiempo que dura la gota en infiltrarse en el suelo, la clase se establece conforme a la Tabla 17.

Tabla 17.

Clases de WDPT utilizada por Doerr, 1998 para clasificar la persistencia de la repelencia en los suelos.

Clase	Doerr et al. (1998) (seg)
Hidrofílico	<5
Ligeramente	5 - 10
Repelente al agua	10 - 30
	30 -60
Fuertemente	60-180
Repelente al agua	180-300

	300-600
Severamente repelente al agua	600-900
	900-3600
Extremadamente repelente al agua.	3600-18000
	>18000

Nota: seg = segundos.

Fuente: Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010.

El siguiente método es el Test del porcentaje de etanol, que consiste en la aplicación de gotas con distinta concentración de etanol sobre la superficie del suelo proporcionando un dato indirecto de la tensión superficial del suelo, dando a conocer la intensidad de la repelencia, (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010); básicamente se utilizan los mismos materiales que el anterior método solo se incrementa el uso de etanol en varias disoluciones estandarizadas en agua.

Mientras se incrementa la concentración de etanol la tensión superficial de las gotas disminuye facilitando la infiltración instantánea en el suelo; las gotas con mayor concentración de etanol tienen un incremento en su tensión superficial permaneciendo en el suelo sin infiltrarse, lo cual permite categorizar al suelo en función de la tensión superficial entre concentraciones de etanol conocidas. De esta manera si gota se infiltra dentro de los primeros 10 segundos tiene una tensión superficial menor a la superficie del suelo, según Letey et. al., (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 171).

Dentro del procedimiento se realizaron una serie de pasos tales como: se tamizó la muestra por una malla de 1 mm., después se colocó en una caja petri hasta cubrirla al borde, seguidamente se dejó caer tres gotas de agua y se les tomo el tiempo a cada una de ellas con un cronometro hasta que las gotas pasen la muestra, este proceso permitió escoger las muestras cuyas gotas se infiltraron en tiempos mayores a 10 segundos, posteriormente realizando nuevamente el proceso anterior pero con una solución de etanol en concentraciones 3, 5, 8.5, 13 por ciento molar se procedió a realizar nuevamente la toma de tiempo primero con el porcentaje más bajo 3% si las gotas sobrepasaban los 5 segundos de penetración se pasaba a la siguiente

concentración, hasta obtener un tiempo menor a los 10 segundos, según el protocolo propuesto por Roy y Mc Gill (2002) para estandarizar la determinación del MED (Jaramillo, Unalmed, 2004, pág. 101). Para definir las clases en función de los resultados de los análisis se utilizó la Tabla 18.

Tabla 18.

Clases de etanol utilizadas en la clasificación de la intensidad de la repelencia al agua del suelo.

Clase de etanol	Intensidad de la repelencia al agua (Doerr, 1998)	Porcentaje de etanol	MED (M)	$\gamma$ ( $N\ m^{-1}10^{-3}$ )
1	Muy hidrofílico	0	0,00	72,1
2	Muy hidrofílico	1	0,17	66,9
3	Hidrofílico	3	0,51	60,9
4	Ligera	5	0,85	56,6
5	Moderada	8,5	1,45	51,2
6	Fuerte	13	2,22	46,3
7	Fuerte	18	3,07	42,3
8	Muy Fuerte	24	4,09	38,6
9	Extrema	36	6,14	33,1

Notas: Se muestra también la equivalencia con la molaridad de etanol correspondiente (MED) y la tensión superficial aparente. M= molar; ( $\gamma$ ) = tensión superficial aparente; N=Newton.

Fuente: (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010).

## CAPÍTULO 5

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla se resumen los principales estadísticos, los resultados se presentan promediados con las desviaciones estándar:

Tabla 19.

Resumen de estadísticos zona de estudio.

Zonas de Estudio/ Variables	Media pH	Media Materia Orgánica (%)	Media WDPT (s)	Media MED ( mol/l )
<b>Zona 1</b>	7,52 ± 0,9	7,43 ± 1,72	8,17 ± 16,09	0,50 ± 0,42
<b>Testigo 1</b>	6,97 ± 0,35	8,16 ± 0,7	66,71 ± 191,52	1,83 ± 1,05
<b>Zona 2</b>	6,92 ± 1,13	10,24 ± 2,85	94,30 ± 213,13	0,66 ± 0,6
<b>Testigo 2</b>	6,26 ± 0,17	7,80 ± 1,75	1,63 ± 2,59	0,17 ± 2,9 E-17

Notas: WDPT= Water Drop Penetration Time; MED= Molarity of Ethanol Droplet.

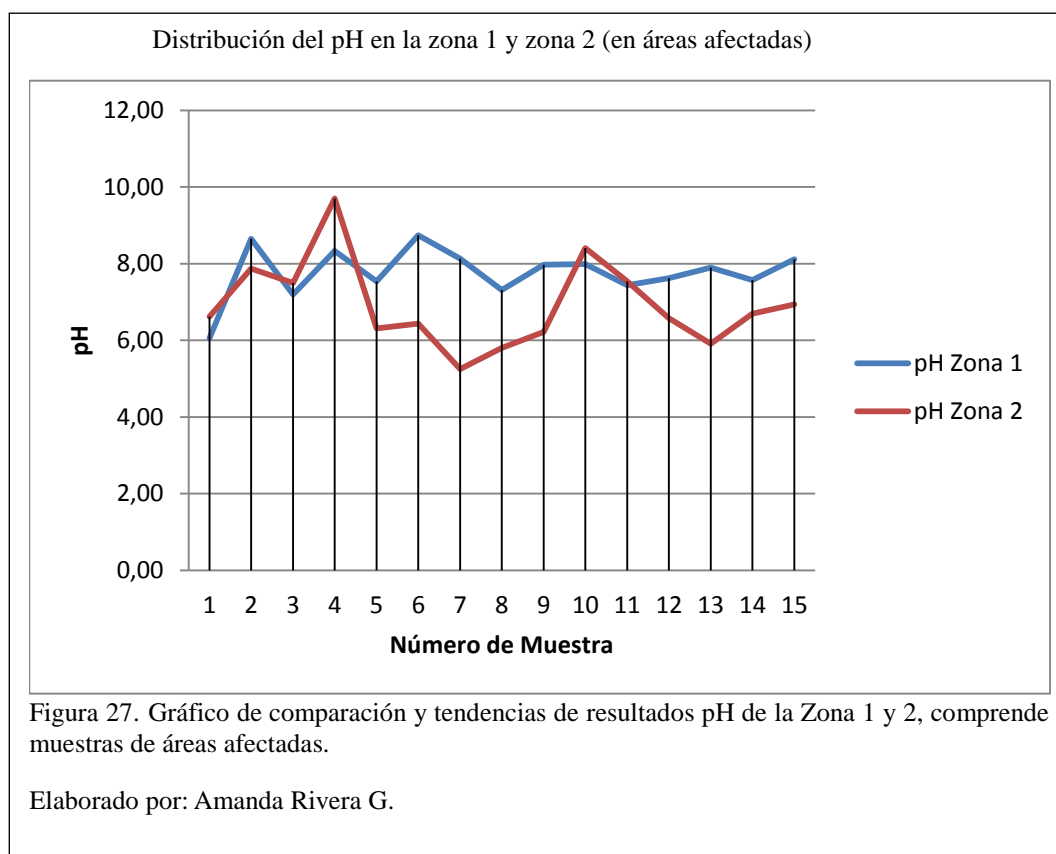
Elaborado por: Amanda Rivera G.

A continuación se profundizará en los parámetros descritos para el análisis de resultados.

#### 5.1 pH

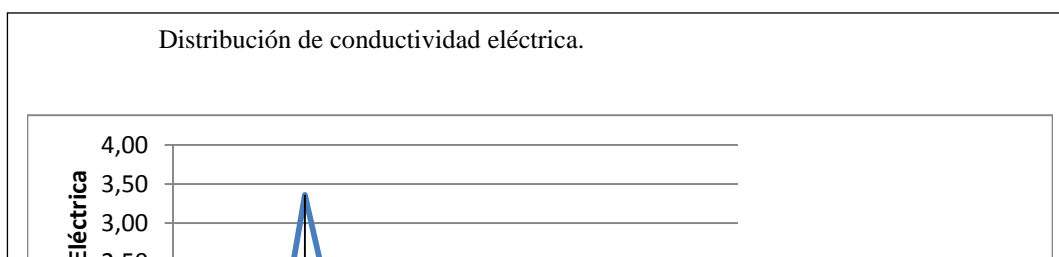
En la Zona 1, en la cual se registró un incendio forestal de larga duración se encontró que el área afectada registra cambios en las propiedades del suelo como consecuencia del calentamiento producido por el incendio, es así, que si analizamos el pH en función de los resultados obtenidos en el área testigo, el valor de la media del pH de las muestras de la zona quemada dan un resultado de 7,52 caracterizándolo como un pH medianamente básico según la Tabla 12, y la media de pH de la zona testigo es de 6,97; pH Neutro; es decir, se observa claramente un ligero aumento de pH en la zona afectada. Una de las causas del incremento del pH, puede surgir por la presencia de cenizas y la solubilización de los compuestos presentes, aportando al suelo con cationes básicos, carbonatos y óxidos (Merche, Bodí B; Mataix, Jorge; Cerdà, Artemi, 2012, pág. 44). En la zona 1 fue evidente la presencia de ceniza aproximadamente a 2cm de profundidad de color gris, a diferencia del color de la ceniza color negro de la zona 2 la cual registró un cambio de pH, en el área afectada la media en el pH es de 6,92 (pH neutro) y el testigo tiene una media de 6,258

(ligeramente ácido); los resultados se presentan en el siguiente gráfico:



Como podemos observar la zona 1 presenta una tendencia del pH a ser más básico que la zona 2; este pH no es persistente por la formación de humus y el lavado de iones básicos, (Mataix - Solera, y otros, 2009, pág. 189); sin embargo según varios estudios mencionan que se necesitan varios años para recuperar el pH inicial.

En la zona dos considerando que la conductividad eléctrica, también suele elevarse por la misma solubilización de los compuestos originados por las cenizas, se agregó este análisis para el estudio obteniendo: en la zona afectada un valor medio de 0,62 dS/m y en el testigo un valor medio de 0,33 dS/m; para el primer valor según la Tabla 14 las muestras tanto afectada como testigo estarían dentro de la categoría No salino; de acuerdo con la Tabla 15 el valor de conductividad del área afectada refleja un comportamiento del suelo de reducción de crecimiento; el valor del testigo se considera como deseable para plantas sensibles a las sales, a continuación se presentan la comparación entre las dos variables:



## **5.2 Granulometría**

En relación a la granulometría la zona 1 (quemada) está compuesta por un 67,27% de arena, 4,86% de acilla y 27,37% de limo, básicamente es un suelo de textura gruesa, esta característica haría que el suelo sea más susceptible a desarrollar repelencia debido a su menor superficie específica. (Varela & Benito, 2013, pág. 2), se esperaría un comportamiento parecido o hasta mayor en la zona 2 (quemada) cuya composición es 91,42% de arena, 3043% de arcilla y 5,14% de limo, sin embargo la tendencia actual del suelo en relación de la repelencia en su mayoría hidrofílica y su textura responde a la cantidad de materia orgánica presente.

## **5.3 Materia Orgánica**

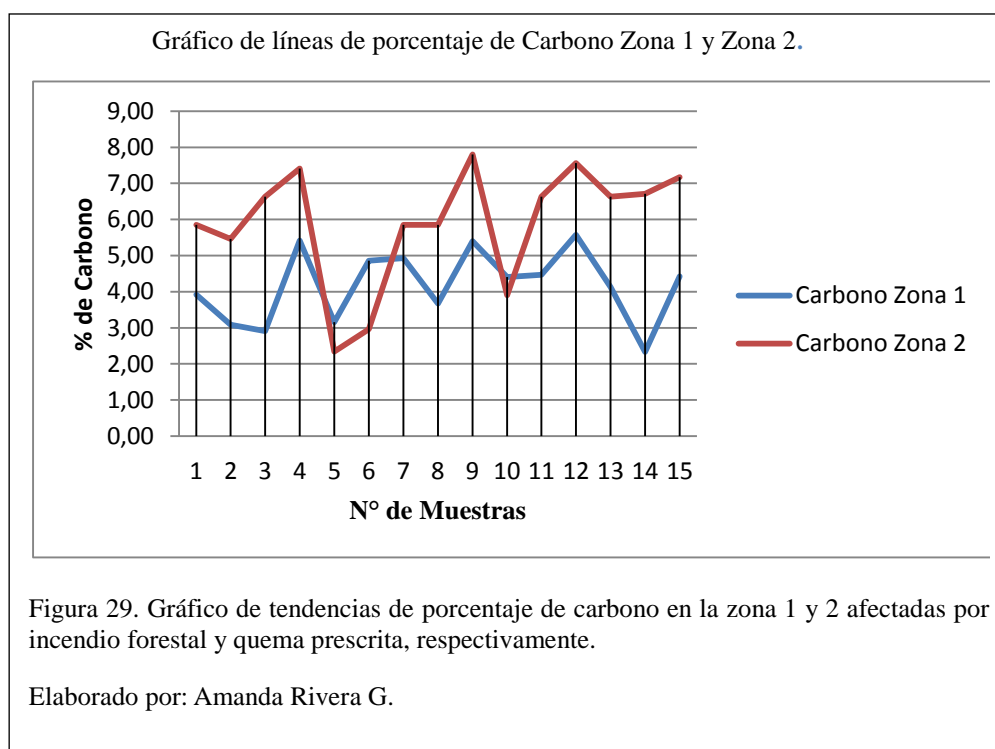
En relación al Carbono orgánico, también es un elemento que puede modificarse posterior a un incendio, en la Zona 1 el promedio de carbono orgánico es 4,29 %, es un valor bajo comparado con el valor medio obtenido de las muestras testigo que corresponde a 4,72%, esta pérdida de la materia orgánica está asociada con la intensidad del fuego (velocidad de liberación de energía) y la severidad (temperatura alcanzada y duración del incendio). (Mataix - Solera, y otros, 2009, pág. 189).

Como se mencionó, la zona 1 corresponde a un incendio forestal de larga duración, y por los resultados obtenidos la intensidad y severidad fueron altas; el carbono orgánico puede haberse reducido puesto que “a medida que se incrementa la

temperatura, el humus sufre modificaciones que le confieren características más resistentes a la degradación microbiana, denominándose humus piromórfico” (Mataix –Solera et. al. 2009, pág. 190), afectando a la biomasa del suelo.

El análisis de la zona 2 difiere en relación a la zona 1, puesto que el valor de carbono orgánico se incrementó en el área afectada; las muestras testigo tienen un valor de 4,61% y las muestras de suelo quemado registran un valor de 5,92% de carbono orgánico, resultado que permite deducir que en incendios de baja intensidad existe un incremento del carbono orgánico procedente de la vegetación quemada, según menciona (Mataix –Solera et. al. 2009, pág. 190).

En el Gráfico N°4 podemos observar las tendencias y diferencias de comportamiento de carbono orgánico tanto en la zona 1 incendio forestal y zona 2 quema prescrita:



El nitrógeno es uno de los elementos con más afectación posterior a un incendio forestal y está relacionado con la temperatura alcanzada, (Mataix –Solera et. al. 2009, pág. 190); en las muestras quemadas de la zona 1 el promedio de Nitrógeno es 0,36% y de la zona quemada responden a un valor de 0,42%, enmarcándolos en una categoría de contenido de Nitrógeno “extremadamente rico” de acuerdo a la Tabla

Al analizar detenidamente el comportamiento de las muestras de la zona 1 en función del carbono orgánico, materia orgánica y nitrógeno orgánico, se aprecia que el descenso de los valores en comparación al testigo no es muy alto, lo cual está dado por la presencia de cenizas en el suelo; una de las propiedades de las cenizas es que pueden retener gran cantidad de agua debido a su elevada porosidad (hasta un 80%) siempre que la intensidad de la lluvia sea menor que su conductividad hidráulica (Pereira & Bodí, 2013), protegiendo al suelo de la escorrentía mejorando la infiltración de agua.

En la zona 2 las muestras con quema prescrita tienen un valor de Nitrógeno de 0,51% a diferencia de las muestras testigo que tienen un valor de 0,39%, cumpliendo de esa forma la premisa que la variación de Nitrógeno orgánico disminuye en incendios de alta intensidad y severidad aumentando su valor en incendios de baja intensidad y severidad; esto puede producirse debido a que el amonio y el nitrato son susceptibles de ser volatilizados a temperaturas cercanas a los 200°C. (Mataix –Solera et. al. 2009, pág. 190).

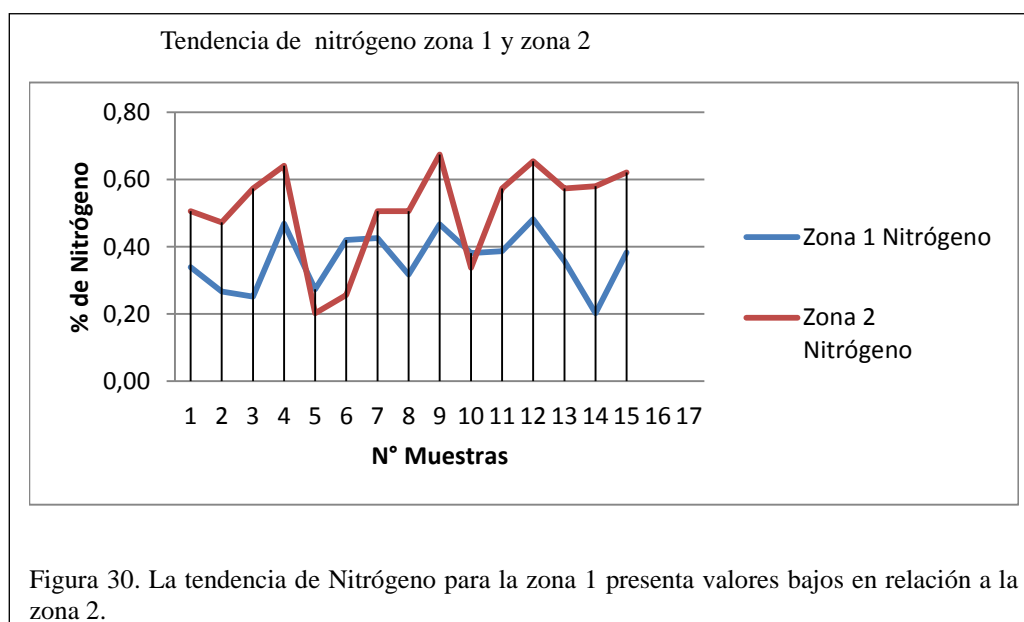


Figura 30. La tendencia de Nitrógeno para la zona 1 presenta valores bajos en relación a la zona 2.



## 5.4 Repelencia al Agua

Como se había mencionado la repelencia al agua de un suelo está relacionada con las fuerzas de adhesión y de cohesión, un suelo hidrofílico es aquel en que las fuerzas de adhesión superan a las fuerzas de cohesión, es decir el líquido se esparce en el medio sólido; y en un suelo hidrófobo el comportamiento de las fuerzas es al contrario, es decir el líquido no se esparce sobre el sólido permaneciendo sobre el suelo ocupando menor superficie de contacto. La acumulación de compuestos orgánicos como hidrocarburos alifáticos y compuestos anfifílicos, son responsables de la hidrofobicidad de los suelos. (Mataix –Solera et. al. 2009, pág. 194)

En la zona 1 como lo muestra el gráfico N°6 se observa que en el suelo afectado un 70% de las muestras son hidrofílicas; un 20% son ligeramente repelentes al agua y el 10% son fuertemente repelentes al agua. Si comparamos los valores con los datos presentados por el testigo en donde un 25% de las muestras son ligeramente repelentes al agua; el 62,5% son fuertemente repelentes al agua y el 12,5% son severamente repelentes al agua, concluimos que la zona afectada básicamente no presenta repelencia al agua, es decir la repelencia pudo haberse destruido.

En estudios realizados por DeBano y Krammes (1966), a partir de experimentos de laboratorio encontraron que:

“A temperaturas entre 480 y 540°C durante 5 minutos pueden destruir la repelencia en el suelo, mientras que temperaturas alrededor de 200°C durante 10 minutos pueden intensificarla, las sustancias hidrofóbicas desaparecen a temperaturas de 800°C, la repelencia agua comienza a disminuir después de solo 10 minutos, y se destruye completamente después de 20 minutos, mientras que a 900°C el suelo se vuelve completamente hidrofílico después de 10 minutos”. (Jordán, Zavala, González, Bárcenas - Moreno, & Mataix - Solera, 2010, pág. 162), lo que explicaría el comportamiento del suelo del a

zona 1 en función de la repelencia al agua, que es totalmente hidrofílica en la mayoría de las muestras.

Gráfico de valores de repelencia al agua (WDPT), zona 1.

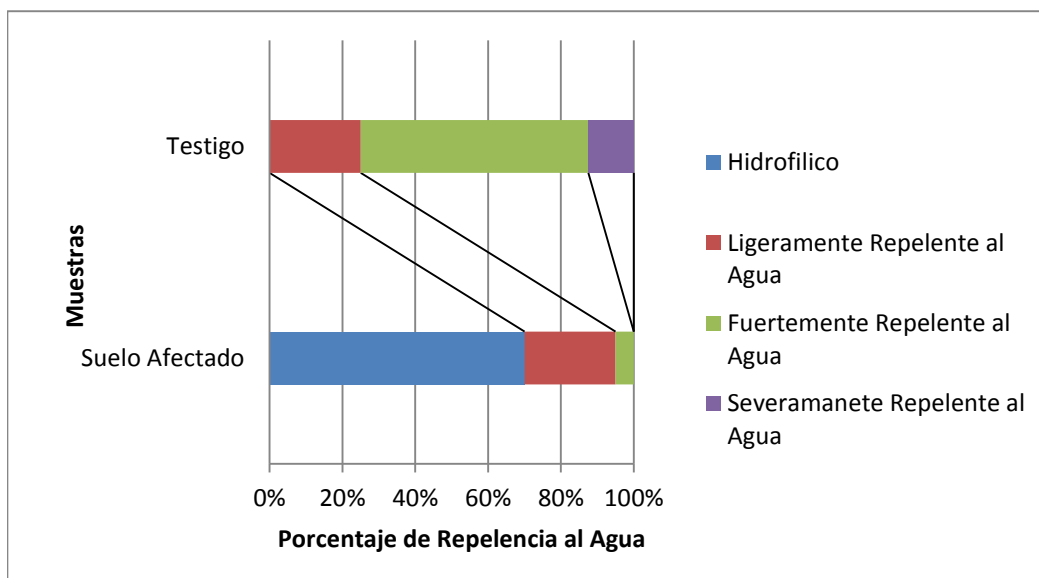


Figura 31. Distribución de los valores de la persistencia de la repelencia al agua potencial, en parte de la microcuenca del Río Saloya, comparación entre la zona afectada y testigo. Método WDPT.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

Gráfico de valores de repelencia al agua (WDPT), Zona 2.

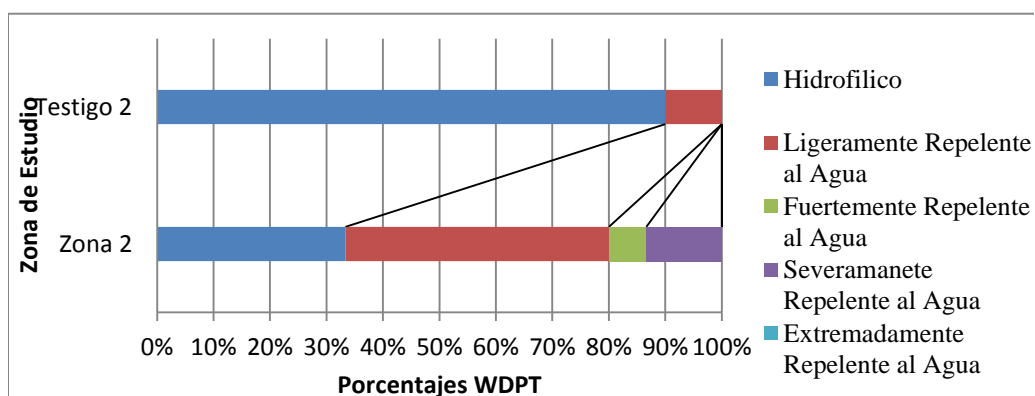
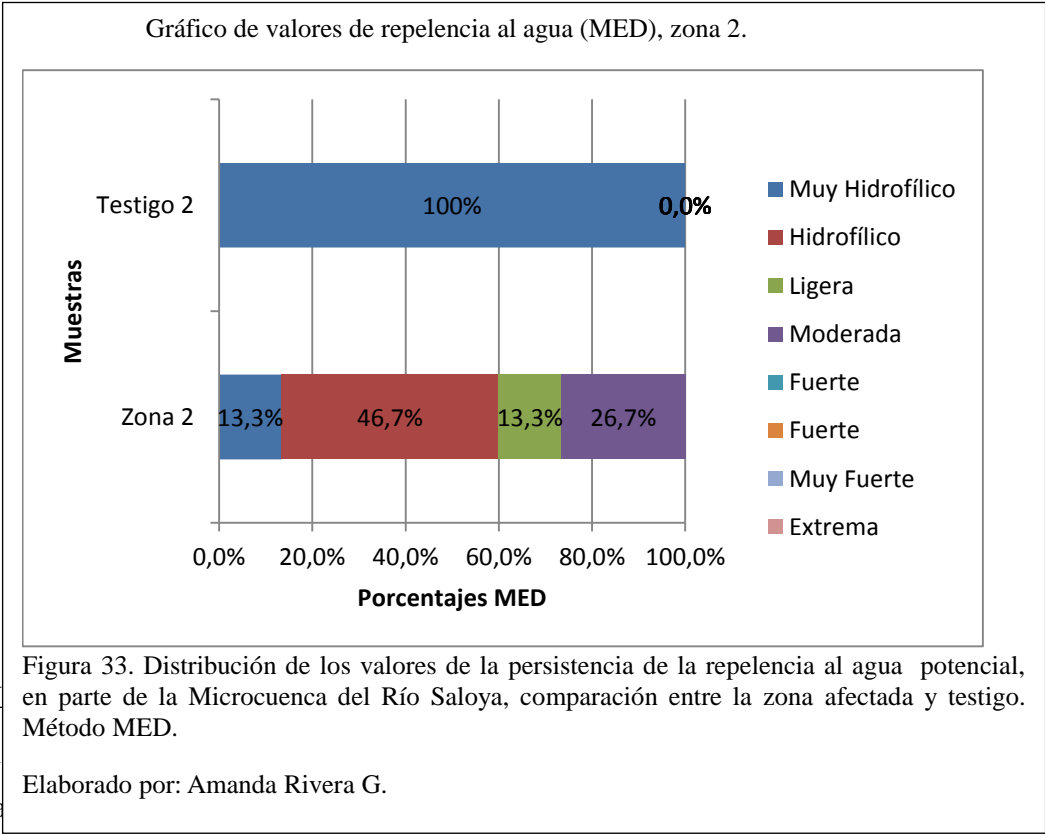


Figura 32. Distribución de los valores de la persistencia de la repelencia al agua potencial Método WDPT, en parte de la microcuenca del Río Saloya (Zona2); comparación entre la zona afectada y testigo.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

Bajo el análisis por el Método WDPT, tiempo de penetración de la gota de agua, en

la zona N° 2; tal como se muestra en el gráfico 7; el 90% de las muestras testigo son hidrofílicas, es decir, no presentan repelencia al agua y un 10% son ligeramente repelentes al agua, por otro lado, el área afectada el 33,3% de las muestras son hidrofílicas; el 46,6% son ligeramente repelentes, el 6,7% son fuertemente repelentes; 13,3% son severamente repelentes.

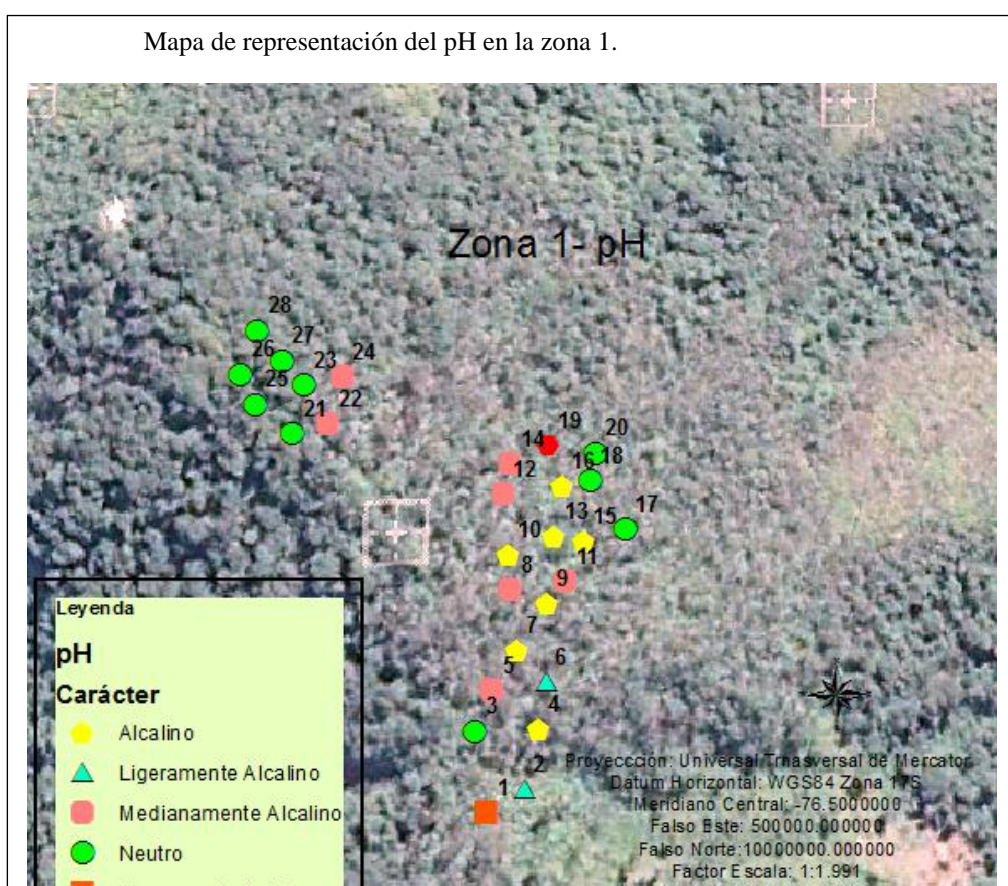


ligeramente repelentes y el 26, 7% son moderadamente repelentes, existe una variación de repelencia al agua entre el testigo y la quema prescrita, a pesar que no se evidencie una diferencia considerable, existen muestras que llegan a ser moderadamente repelentes al agua.

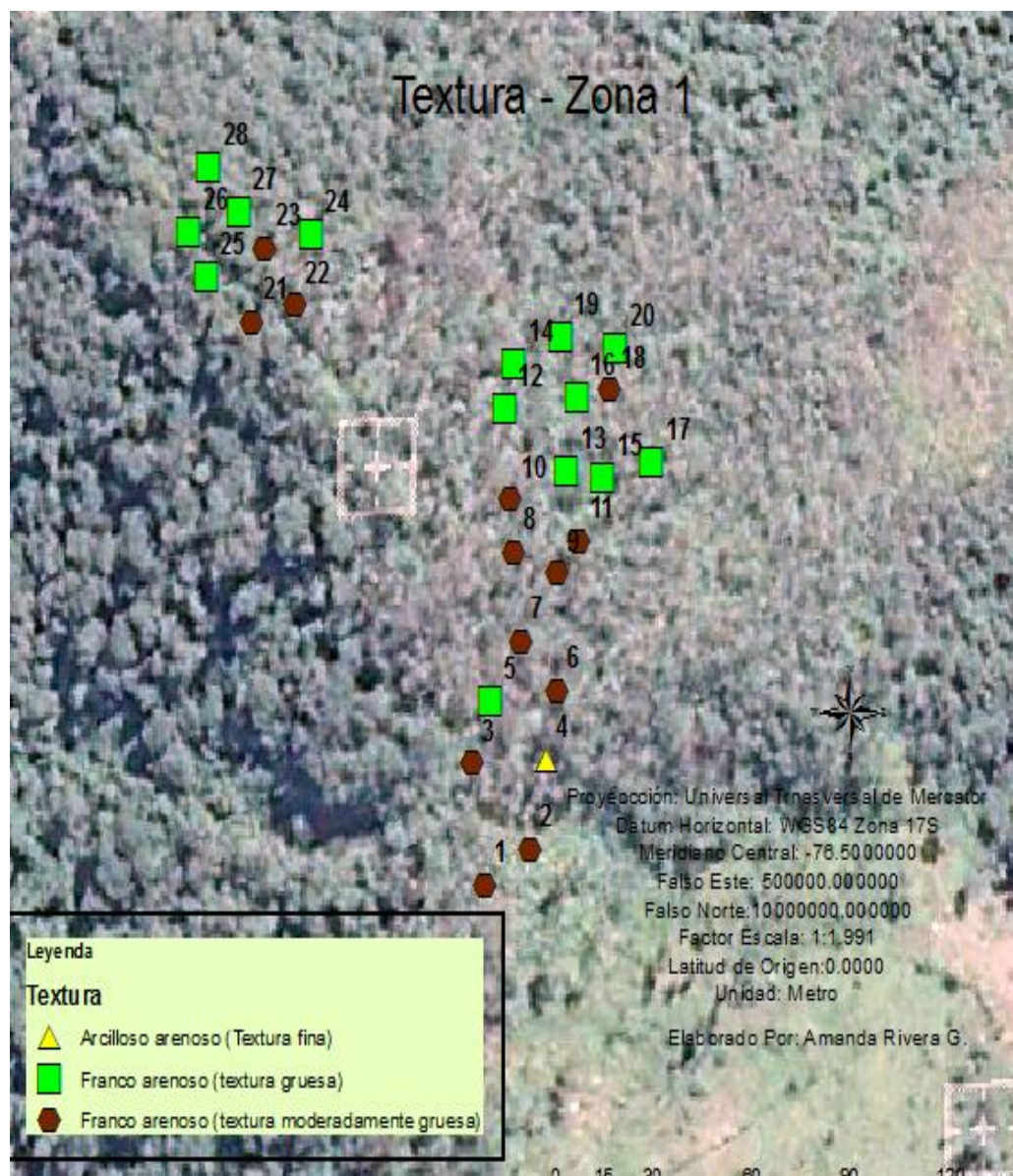
Al comparar los resultados del WDPT, MED y Materia orgánica mediante la correlación existente en cada uno de los valores se obtuvo: -0,33 y -0,20 en la zona 1 quemada y testigo respectivamente; en la zona 2 los valores se redujeron a 0,04 en el área quemada y -0,47 en el testigo, en este caso los rangos de repelencia no se relacionan con el porcentaje de materia orgánica, varios autores han observado una correlación fuerte entre el contenido de materia orgánica y repelencia al agua en estudios realizados bajo cobertura vegetal de *Eucalyptus globulus*, sin embargo no siempre puede existir esta correlación.

### 5.5 Presentación de resultados mediante un Sistema de Información Geográfica (SIG).

A continuación se presentan las variables estudiadas mediante la representación en un Sistema de Información Geográfica, permitiendo evaluar los comportamientos de estas variables a nivel espacial.



Mapa de representación de textura en la zona 1.





Mapa de representación del carbono en la zona 1.

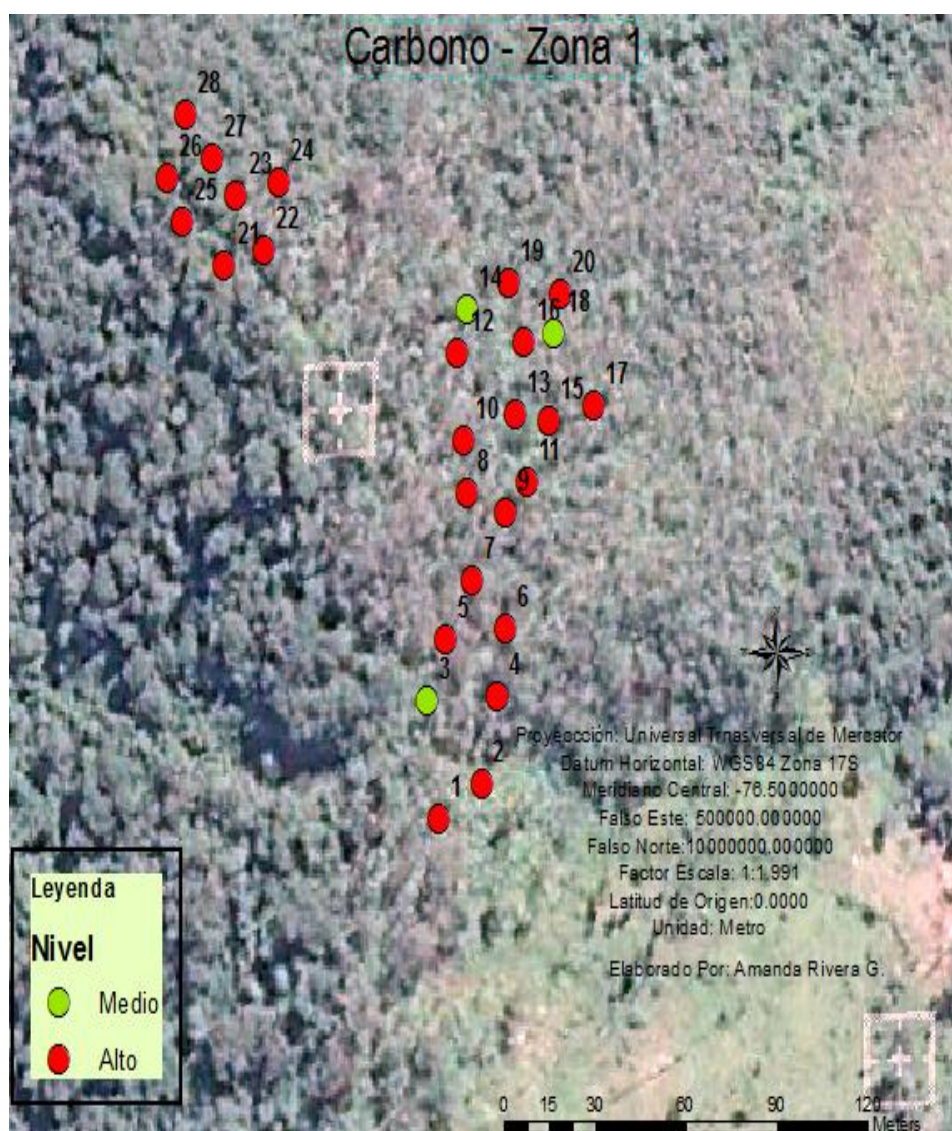


Figura 36. La Zona 1 del estudio presenta valores variados de Carbono Altos.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

Mapa de representación de niveles de nitrógeno en la zona 1.

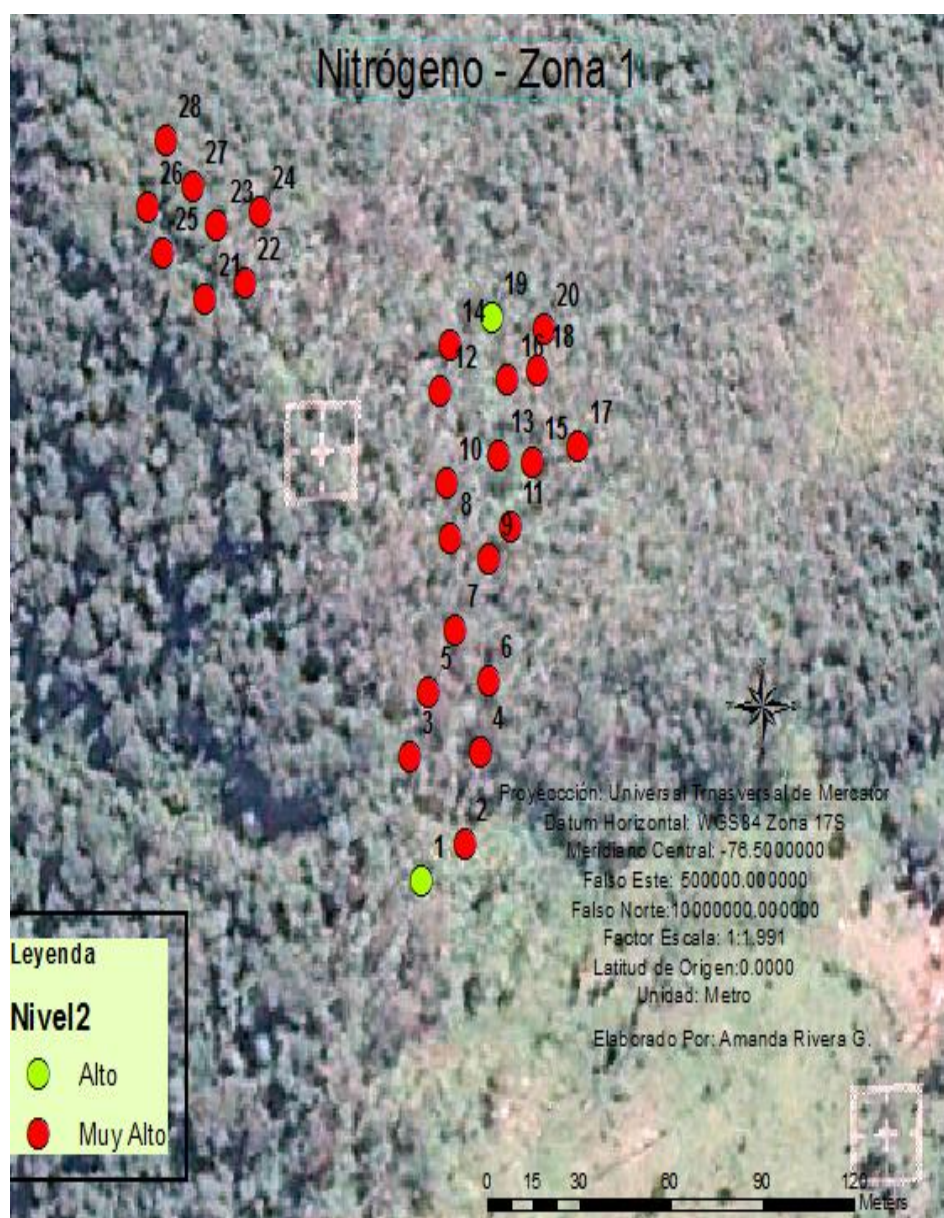


Figura 37. Los Niveles de Nitrógeno tienen a ser muy altos en la Zona 1 del estudio.

Elaborado por: Amanda Rivera G.



Mapa de repelencia al agua zona 1 (WDPT).

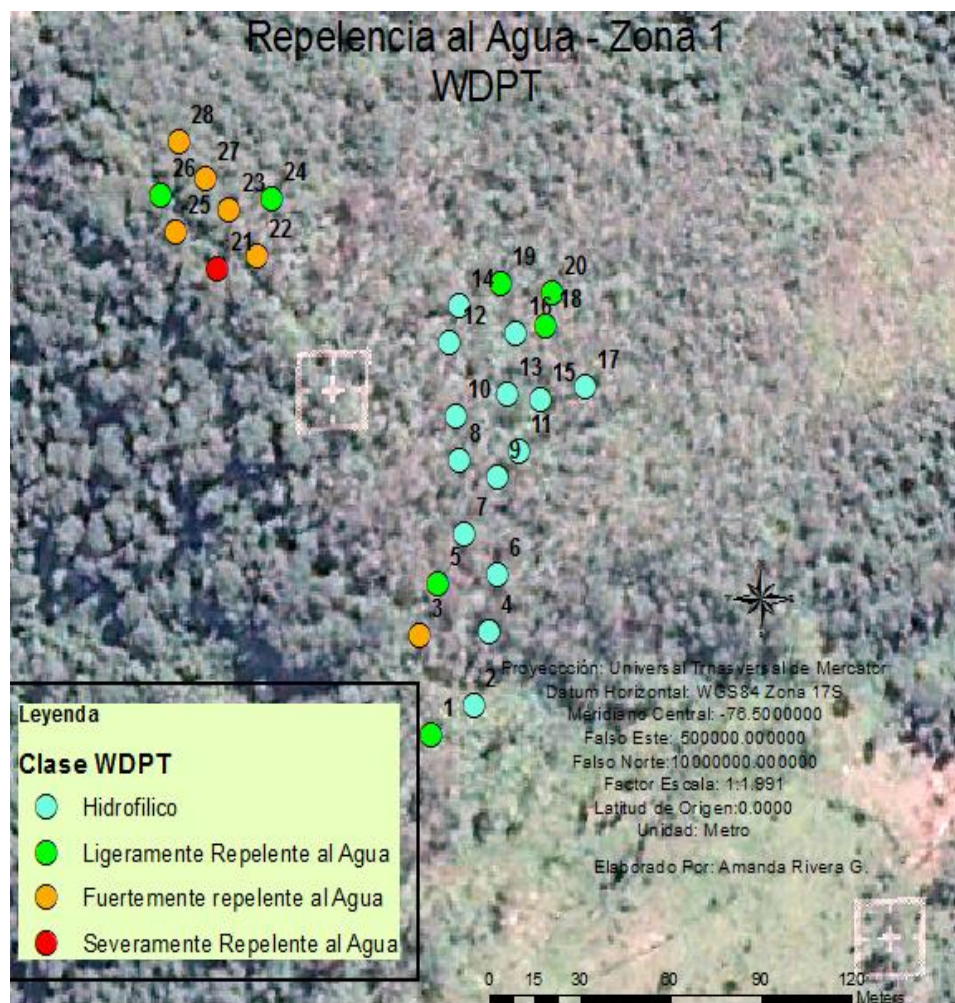
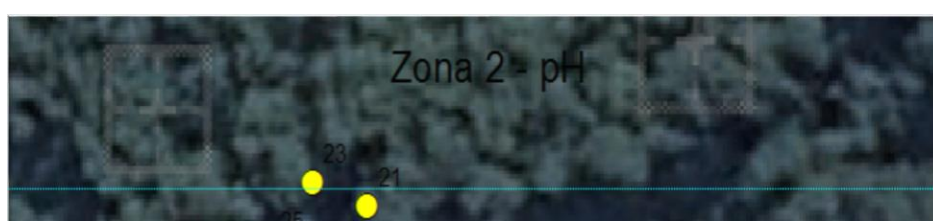


Figura 38. Los números del 1 al 20, representan las muestras de la zona afectada, las cuales son hidrofílicas, los números de 21 al 28, representan el área testigo que son fuertemente repelentes al agua.

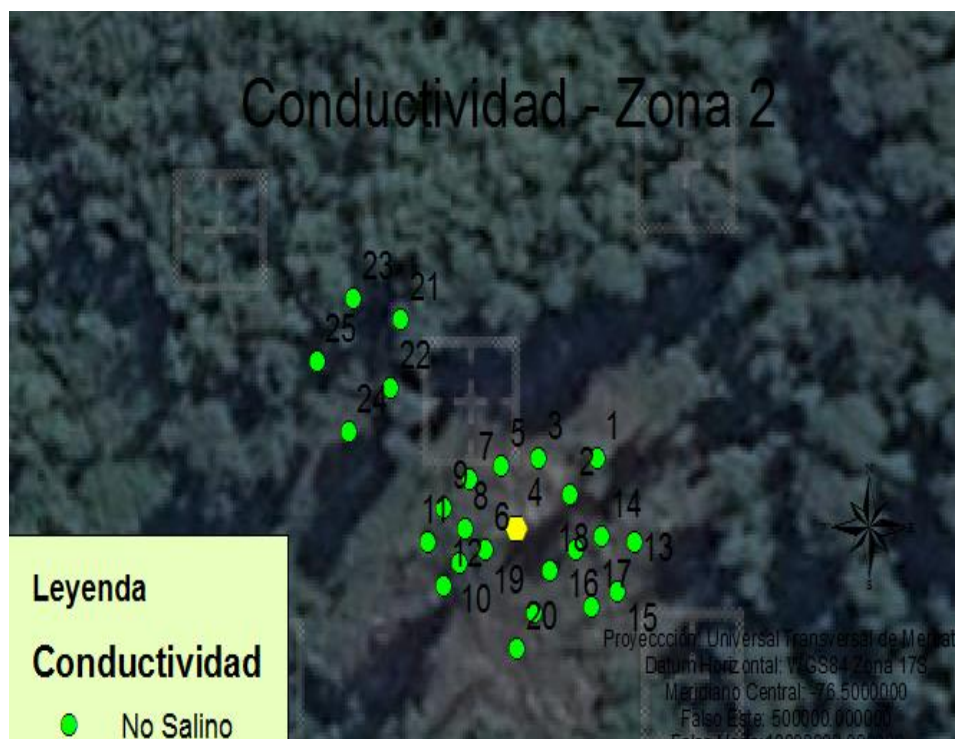
Elaborado por: Amanda Rivera G.

Mapa de pH zona 2.





Mapa de conductividad eléctrica zona 2.



Mapa de textura zona 2.

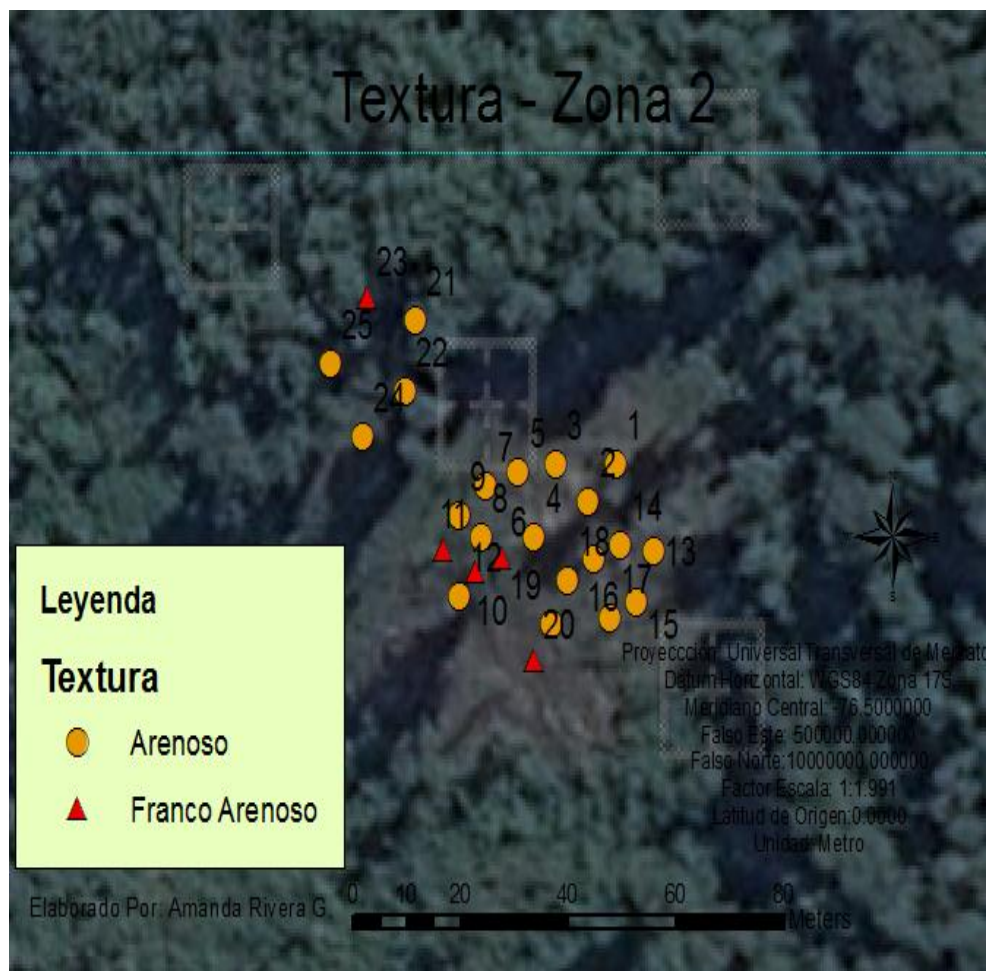


Figura 41. En el mapa se distinguen los resultados de la textura, en muestras de 1al 20 (afectadas) arenosas y franco arenosas y muestras de (21 al 25) testigo de textura arenosa.

Elaborado por: Amanda

Mapa de carbono zona 2 de muestreo.

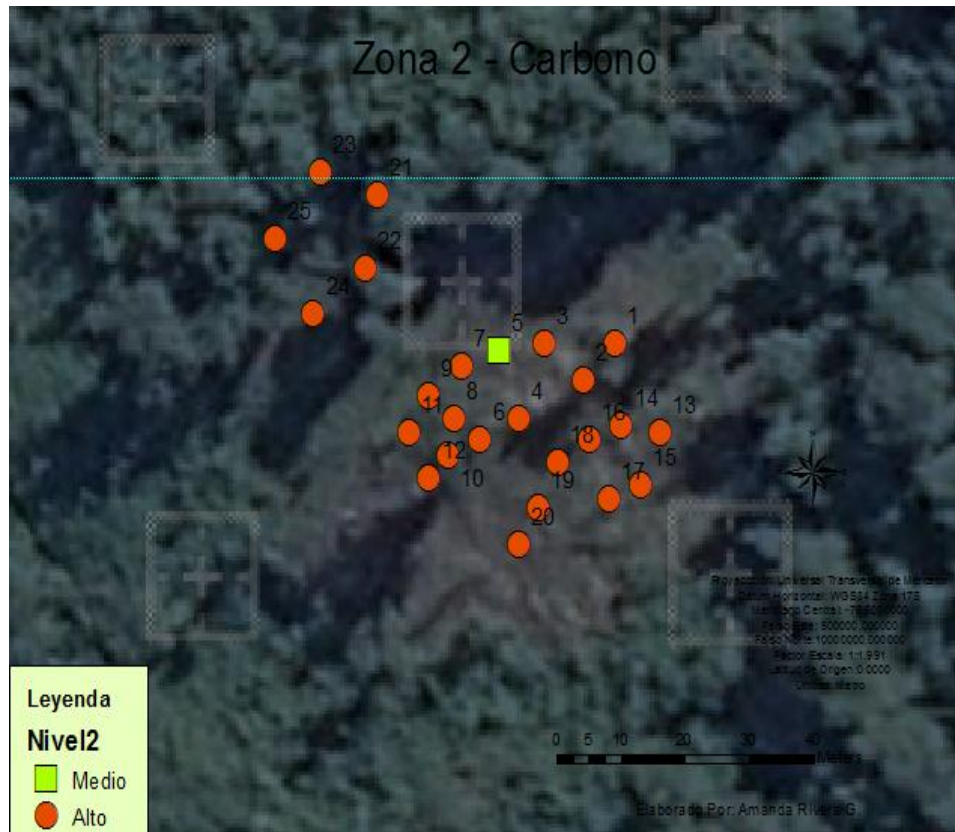


Figura 42. La tendencia de carbono en el área afectada (1-20) y testigo (21-25) es Alta.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

Mapa de nitrógeno zona 2.

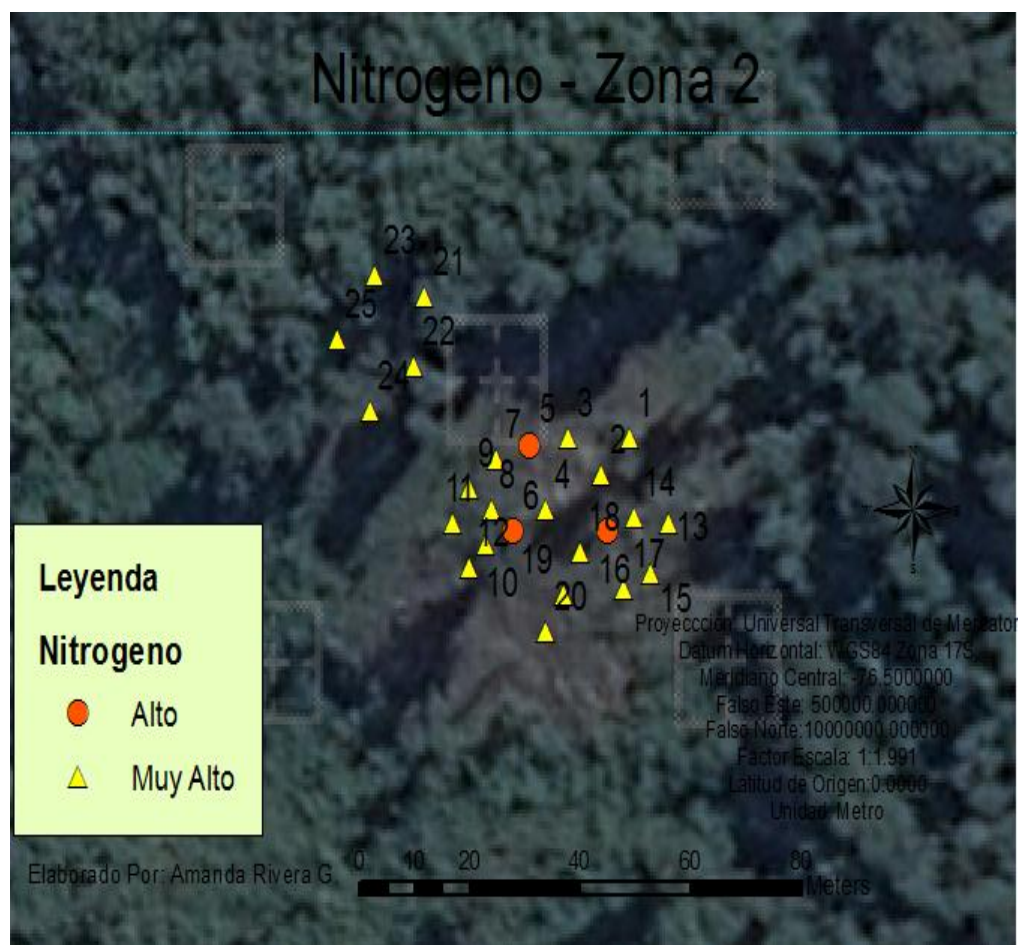


Figura 43. La tendencia de nitrógeno en el área afectada (1-20) y testigo (21-25) es Muy Alta.

Elaborado por: Amanda Rivera G.



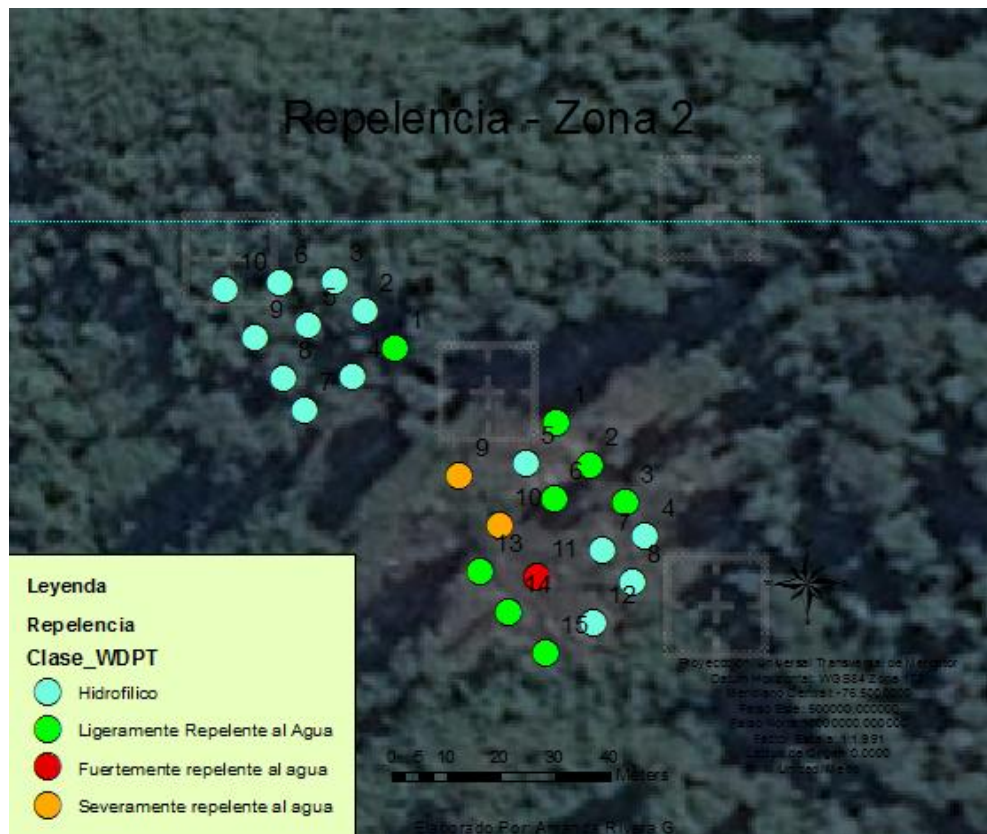


Figura 44. En la ilustración se representan las muestras analizadas (1-30) de la zona afectada con clases de repelencia hidrófila en su mayor parte, severamente y extremadamente repelente a lagua en su minoría; en muestras testigo (1-10) todas son hidrofílicas, según los resultados obtenidos mediante el método WDPT.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

Mapa de resultados de repelencia al agua zona 2, método MED.

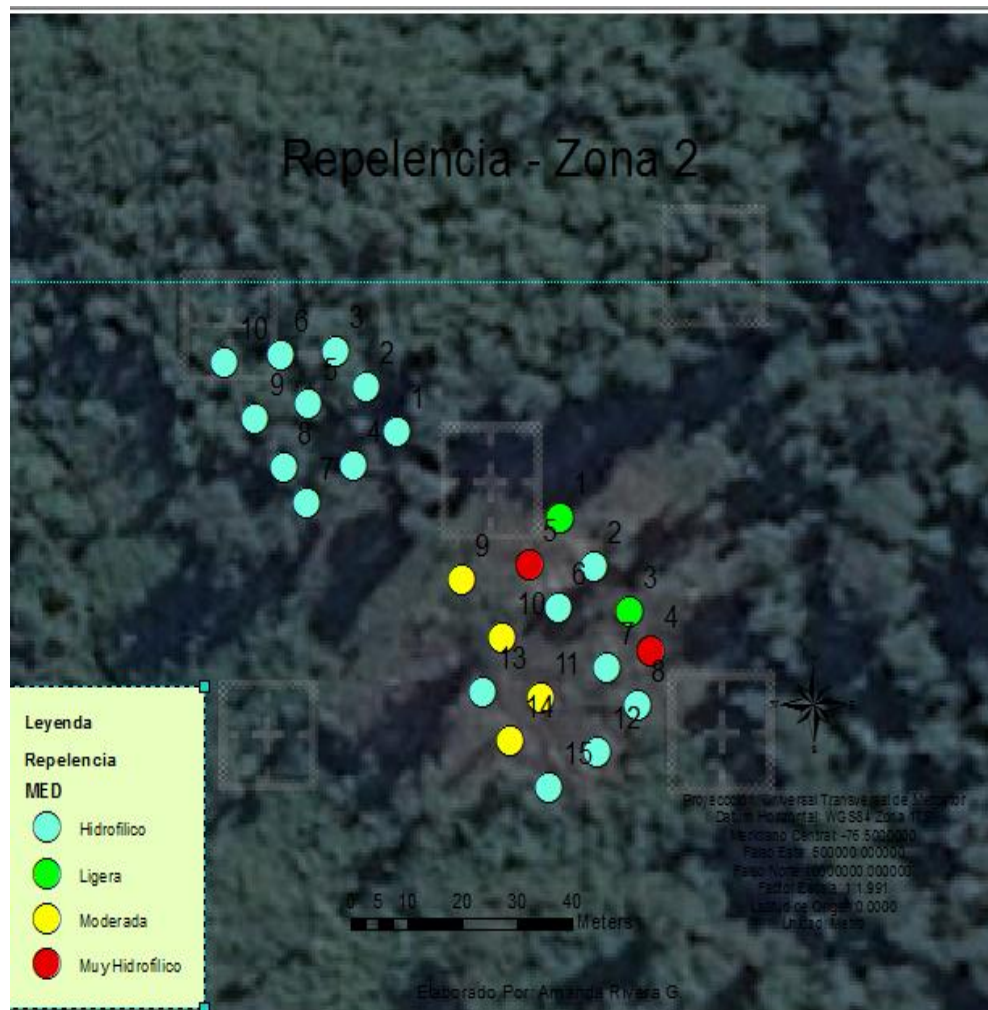


Figura 45. En la ilustración se representan las muestras analizadas (1-30) de la zona afectada con clases de repelencia hidrófila en su mayor parte, ligera y moderadamente repelente a lagua en su minoría; en muestras testigo (1-10) todas son hidrofílicas, según los resultados obtenidos mediante el método MED.

Elaborado por: Amanda Rivera G.

## CONCLUSIONES

- El estudio realizado en dos zonas del sector del Guarumal, parte de la Microcuenca del Saloya, identificadas como Zona 1 y Zona 2, para objeto de análisis; que fueron afectadas por un incendio forestal y quema prescrita respectivamente, reflejan efectos a corto plazo como son el cambio del paisaje y recursos naturales presentes en el área, puesto que la mayor parte del sector se compone de una vegetación nativa originaria de bosques primarios y secundarios.
- En las zonas estudiadas es notable que el fuego afectó al dosel arbóreo y eliminó en un primer instante la cubierta vegetal, pero a su vez, por el monitoreo realizado en estas zonas es visible que la recolonización vegetal es rápida a nivel de la superficie del suelo pero no se observa un rebrote en especies de vegetación arbórea; cabe señalar que depende de la severidad del incendio la recuperación de las diferentes especies.
- Las propiedades de los suelos pueden verse modificadas de diferente manera, es decir, no se pueden estandarizar los efectos a nivel del suelo sometido al fuego, puesto que esto depende de las propiedades del sistema edáfico y la intensidad y severidad del incendio. Los resultados de los análisis nos demuestran claramente lo expuesto: en la Zona 1 se evidencia un aumento del pH de 6,57 a 7,52, en comparación con los resultados de la zona dos, que presentan un decremento de 6,92 a 6,258, este comportamiento está dado por la presencia de cenizas en el suelo, puesto que fue mayor en la zona 1 al igual que la temperatura alcanzada.
- En relación a la materia orgánica los valores de la zona 1 reflejaron un descenso en función del testigo y en la zona 2 se observó lo contrario, concluyendo que este comportamiento está dado por la intensidad alcanzada, es decir, la temperatura. En altas temperaturas la materia orgánica se altera de tal manera que es más resistente a la descomposición biológica, a bajas temperaturas, la materia vegetal se acumula en la superficie aumentando la

cantidad de carbono, este efecto se relaciona con las propiedades de las cenizas, en este caso su color, en la zona 1 la ceniza es de color plomo, mientras tanto, en la zona 2 las cenizas son de color negro.

- La hidrofobicidad o repelencia al agua es una de las propiedades que pueden sufrir una alteración en el suelo, estudios desarrollados demuestran que pueden o no existir cambios en esta propiedad, la temperatura nuevamente es un indicador de su presencia o eliminación; en la zona 1 en 70% de las muestras son hidrofílicas, mientras que en el testigo 1 el 62,5% son fuertemente repelentes al agua, lo cual permite concluir que en esta zona se alcanzaron altas temperaturas; en la zona 2, existe un ligero aumento de hidrofobicidad de la zona quemada en relación al testigo, el 100% de las muestras testigo son hidrofílicas mientras que el 16,67% de las muestras afectadas presentan un cambio en hidrofobicidad. de acuerdo a las mediciones obtenidas se puede decir que en la zona uno la temperatura alcanzada por el fuego fue mayor a 400°C, puesto que no se observa repelencia; por otro lado, en la zona dos la temperatura pudo ser menor a 175°C, debido a que las alteraciones de repelencia al agua son mínimas
- Modelar los resultados en un sistema de información geográfica, permite manejar los resultados de manera espacial, esta información gráfica es útil para la toma de decisiones.
- La difusión de resultados del estudio permitió sensibilizar en parte de los habitantes del sector del Guarumal los efectos que pueden producir los incendios forestales a nivel paisajístico, economía local e incluso de salud.



## RECOMENDACIONES

- Las zonas de estudio como se expuso pertenecen a una de las parroquias rurales de Quito, en las cuales la gestión de espacios forestales es aún deficiente, definir áreas de protección e incluir Planes de Ordenamiento Territorial permitirán una gestión adecuada de estos espacios forestales y así preservar la biodiversidad de la zona evitando los cambios de uso de suelo.
- El fuego ha sido parte de los ecosistemas y es parte de la cultura de las comunidades agrícolas, erradicarlo por completo no sería recomendable lo importante de los resultados del estudio es socializarlos sensibilizar la importancia de la responsabilidad al manejar quemas agrícolas.
- Mejorar los sistemas de alerta temprana en el sector y sensibilizar continuamente a la población son medidas de prevención que permiten reducir la generación de incendios forestales.
- Realizar un estudio del impacto real del fuego, puesto que, la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo pueden ser variadas, como se observó no pueden estandarizarse los efectos de los incendios forestales.
- Desarrollar una línea base tanto de la cobertura vegetal, especies, calidad del suelo integrando parámetros físicos, químicos y microbiológicos permitirá una mejor evaluación del suelo posterior a un incendio y establecer el impacto ambiental del incendio forestal.
- Establecer los parámetros para rehabilitación y restauración de áreas afectadas por incendios forestales que estén presentes en una base legal de cumplimiento para los propietarios de terrenos que pese a avisos provoquen incendios forestales.

- Realizar quemas controladas en laboratorio con muestras de suelo de áreas de mayor biodiversidad, permitirá desarrollar criterios de vulnerabilidad para realizar planes de prevención y recuperación de ecosistemas afectados por incendios forestales.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Almendros, G., González, F. J., Gonzáles - Pérez, J. A., Knicker, H., & de la Rosa, J. M. (2010). Protocolos y técnicas analíticas instrumentales para evaluar el impacto del fuego sobre la materia orgánica del suelo. En A. Cerdá, & A. Jordán, *Actualización en Métodos y Técnicas para el Estudio de los Suelos Afectados por Incendios Forestales*. (págs. 289-326). Madrid: Catedra de Divulgación de la Ciencia, Universidad de Valencia.
- Bellavista, R. (2013). *Pululahua Hostal*. Obtenido de <http://www.pululahuahostal.com/>
- Cardona, A. (2000). *Medio ambiente y desarrollo sustentable*. Universidad Autónoma de Tamaulipas,.
- Cebrián, F. (1999). *La Organización del Espacio en el Ecuador*. Cuenca: Universidad Castilla de La Mancha.
- Corbella, R., & Fernández, J. (s.f.). *Universidad Nacional de Tucumán*. Recuperado el 2014, de <http://www.edafologia.com.ar/Descargas/Cartillas/Materia%20Organica%20del%20Suelo.pdf>
- Crespo, V. (20014). *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Limusa.
- Doerr, S. S. (2000). , R.P.D. (2000) Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance.
- Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera. (2013). *Facultad de Medicina, Universidad de La Frontera*. Obtenido de <http://www.med.ufro.cl/>
- FAO. (2013). *Depositos de documentos FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S07.htm#LA> EROSION Y EL RENDIMIENTO DE LOS CULTIVOS
- FAO. (2014). *Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura*. Recuperado el 14 de Abril de 2014, de <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
- Fassbender. (1987). Obtenido de <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793E/A9793E.PDF>
- Fernández, L. C., Rojas, N. G., Roldán Carillo, T. G., Ramírez Islas, M. E., Zegarra Martínez, H. G., Uribe Hernández, R., . . . Arce Ortega, J. M. (2006). *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la rededición de sitios*

*contaminados*. México D. F.

González, V., Leal, M., Lillo, X., Bustamante, I., & Palacios, P. (2010). *www.consolider-tragua.comf*. Obtenido de *www.consolider-tragua.com/.../guia\_caracterizacion\_edafica.pdf*

Instituto latinoamericano de Comunicación Educativa. (2014). *ILCE*. Obtenido de *http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/43/html/sec\_6.html*

Jaramillo Jaramillo, D. (2006). *Repelencia Al Agua En Suelos. Una Síntesis*. Colombia.

Jaramillo, D. F. (2003). *Efecto de la temperatura de secado del suelo sobre la repelencia al agua en Andisoles bajo cobertura Pinus patula*. Investigación, Medellín.

Jaramillo, D. F. (2004). *Unalmed*. Obtenido de *http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/repelencia%20al%20agua%20en%20suelos%20(en%20andisoles).pdf*

Jordán, A., Zavala, L. M., González, F., Bárcenas - Moreno, G., & Mataix - Solera, J. (2010). Repelencia al agua en suelos afectados por incendios: métodos sencillos de determinación e interpretación. En A. Cerdá, & A. Jordán, *Actualización en métodos y técnicas para el estudio de los suelos afectados por incendios forestales*. (págs. 145-184). Madrid: Cátedra de Divulgación de la Ciencia. Universidad de Valencia.

MAGAP. (2014). *Geoportal MAGAP*. Recuperado el 18 de Agosto de 2014, de *http://geoportal.magap.gob.ec/*

Mataix - Solera, J., Guerrero, C., Arcengui, V., Bárcenas, G., Zornoza, R., Pérez - Bejarano, A., . . . Zavala, L. M. (2009). Los incendios forestales y el suelo: un resumen de la investigación realizada por el Grupo de Edafonología de la UMH en colaboración con otros grupos. En A. Cerdà, & J. Mataix - Solera, *Efecto de los incendios forestales sobre los suelos en España* (págs. 185 - 218). España: Cátedra Divulgación de la Ciencia. Universitat de València.

Merche, Bodí B; Mataix, Jorge; Cerdà, Artemi;. (2012). *Efectos De Los Incendios Forestales En La Vegetación Y El Suelo En La Cuenca Mediterránea: Revisión Bibliográfica*. Boletín de Asociación de Geógrafos Españoles.

MGAP. (2014). *Geoportal MAGAP*. Recuperado el 18 de Agosto de 2014, de *http://geoportal.magap.gob.ec/*

- Mora, A. (2010). *Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza*. Obtenido de <http://lac.wetlands.org>.
- Muelas, A. (2012). *Universidad Nacional de Educación a Distancia*. Recuperado el 2014, de [http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica\\_del\\_suelo\\_y\\_cimentaciones/images/mecansueloycimentaciones\\_cap\\_1.pdf](http://www.uned.es/dpto-icf/mecanica_del_suelo_y_cimentaciones/images/mecansueloycimentaciones_cap_1.pdf)
- Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. (2010). *Atlas de Amenazas Naturales en el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: Medios Impresos Diseños y Asesoría.
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN). (2010). Áreas Naturales del Distrito Metropolitano de Quito. *Diagnóstico Bioecológico y Socioambiental, Reporte Técnico N° 1*, 72. Quito, Ecuador: Nuevo Arte.
- Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales. (2010). Áreas Naturales del Distrito Metropolitano de Quito. *Diagnóstico Bioecológico y Socioambiental, Reporte Técnico N° 1*. Quito, Ecuador: Nuevo Arte.
- Nunez, J. (1981). *Fundamentos de Edafología*. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.
- Pereira , P., & Bodí, M. B. (2013). *Las Cenizas y su Impacto en el Suelo*. Ficha técnica FGR2013/02., Red Temática Nacional Efectos de los Incendios Forestales sobre los Suelos (FUEGORED).
- Romero, A. (2013). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/Ah833s17.htm>
- Secretaria del Ambiente. (2012). *Efectos Incendios Forestales*. Quito.
- Varela , E. M., & Benito, E. (2013). *Repelencia Al Agua En Suelos Afectados Por El Fuego*. Ficha técnica FGR2013/08.
- Wikipedia. (Octubre de 2014). *Wikipedia - La Enciclopedia Libre*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org/wiki/PH-metro>

## ANEXOS

### Anexo 1. Resultados de Análisis Experimental Zona 1.

RESUMEN DE DATOS DE ANÁLISIS ZONA 1 (ÁREA AFECTADA Y TESTIGO)										
N° Muestra	pH	%Carbono Orgánico	Materia Orgánica	Nitrógeno	Textura			Textura	Repelencia	Clase
					%	%	%			
					Arena	Arcilla	Limo			
1	6,06	3,92	6,780	0,30	71,38	5,77	22,84	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	5,508	Ligeramente Repelente al Agua
2	8,65	3,09	5,341	0,43	62,77	5,05	32,18	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	0,487	Hidrofílico
3	7,20	2,91	5,031	0,36	65,68	2,30	32,01	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	62,55	Fuertemente repelente al Agua
4	8,34	5,42	9,371	0,42	48,25	4,85	46,90	Arcilloso arenoso (Textura fina)	1,142	Hidrofílico
5	7,54	3,16	5,460	0,38	74,25	4,74	21,01	Franco arenoso (textura gruesa)	45,253	Ligeramente Repelente al Agua

6	8,75	4,86	8,408	0,44	67,69	6,15	26,16	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	0,478	Hidrofílico
7	8,13	4,93	8,519	0,41	57,16	5,91	36,92	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	1,179	Hidrofílico
8	7,31	3,67	6,351	0,37	66,14	4,74	29,11	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	2,2	Hidrofílico
9	7,97	5,40	9,332	0,40	59,97	4,90	35,13	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	1,395	Hidrofílico
10	7,99	4,40	7,615	0,40	54,10	4,49	41,41	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	0,712	Hidrofílico
11	7,44	4,47	7,727	0,37	64,88	5,60	29,52	Franco arenoso (textura moderadamente	2,652	Hidrofílico

								gruesa)		
12	7,63	5,58	9,644	0,38	77,28	5,06	17,66	Franco arenoso (textura gruesa)	3,231	Hidrofílico
13	7,90	4,13	7,146	0,39	72,34	4,52	23,14	Franco arenoso (textura gruesa)	1,383	Hidrofílico
14	7,57	2,33	4,030	0,38	72,24	5,26	22,50	Franco arenoso (textura gruesa)	2,474	Hidrofílico
15	8,12	4,42	7,649	0,41	73,14	4,60	22,26	Franco arenoso (textura gruesa)	2,599	Hidrofílico
16	7,94	5,59	9,674	0,40	75,58	4,88	19,54	Franco arenoso (textura gruesa)	3,912	Hidrofílico
17	7,17	4,95	8,561	0,36	71,12	5,09	23,79	Franco arenoso (textura gruesa)	2,475	Hidrofílico
18	6,75	2,92	5,050	0,34	66,27	5,16	28,57	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	10,785	Ligeramente Repelente al Agua
19	4,82	4,69	8,118	0,24	77,53	5,07	17,40	Franco arenoso (textura gruesa)	6,023	Ligeramente Repelente al Agua
20	7,08	5,07	8,761	0,35	77,64	3,08	19,28	Franco arenoso (textura gruesa)	7,003	Ligeramente Repelente al Agua
<b>Promedio</b>	7,52	4,29	7,43	0,38	67,77	4,86	27,37		8,17	
1Testigo	6,78	4,51	7,798	0,38	66,25	5,58	28,17	Franco arenoso	622,472	Severamente Repelente



								(textura moderadamente gruesa)		al Agua
2T	7,43	4,02	6,952	0,34	67,99	4,68	27,33	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	200,279	Fuertemente repelente al Agua
3T	6,63	5,20	8,998	0,37	66,49	5,05	28,45	Franco arenoso (textura moderadamente gruesa)	78,122	Fuertemente repelente al Agua
4T	7,33	4,40	7,616	0,33	73,18	6,16	20,66	Franco arenoso (textura gruesa)	31,0841	Ligeramente Repelente al Agua
5T	6,66	4,78	8,268	0,37	74,03	6,81	21,31	Franco arenoso (textura gruesa)	121,016	Fuertemente repelente al Agua
6T	7,14	5,14	8,883	0,33	73,44	6,28	20,89	Franco arenoso (textura gruesa)	59,076	Ligeramente Repelente al Agua
7T	6,54	4,64	8,022	0,36	68,05	5,85	29,30	Franco arenoso (textura gruesa)	81,267	Fuertemente repelente al Agua
8T	7,21	5,05	8,731	0,33	69,13	6,45	26,76	Franco arenoso (textura gruesa)	140,098	Fuertemente repelente al Agua
<b>Promedio</b>	6,97	4,72	8,16	0,35	69,82	5,86	25,36		69,24	

**Anexo 2. Resultados de análisis de repelencia al agua desarrollado por el método  
MED zona 1.**

MÉTODO MED			
ZONA 1 – INCENDIO FORESTAL			
Nº Muestra	% Etanol	MED	Clase
1	3	0,51	Hidrofílico
2	3	0,51	Hidrofílico
3	13	2,22	Fuerte
4	3	0,51	Ligera
5	5	0,85	Muy Hidrofílico
6	1	0,17	Muy Hidrofílico
7	1	0,17	Hidrofílico
8	3	0,51	Hidrofílico
9	3	0,51	Hidrofílico
10	3	0,51	Hidrofílico
11	3	0,51	Hidrofílico
12	3	0,51	Hidrofílico
13	3	0,51	Hidrofílico
14	3	0,51	Hidrofílico
15	3	0,51	Muy Hidrofílico
16	1	0,17	Hidrofílico
17	3	0,51	Ligera
18	5	0,85	Hidrofílico
19	3	0,51	Hidrofílico
20	3	0,51	Fuerte
	media	0,58	
	Desviación Estándar	0,42	

**Anexo 3. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método MED  
testigo 1.**

MÉTODO MED			
TESTIGO 1 – INCENDIO FORESTAL			
Nº Muestra	% Etanol	MED	Clase
1	18	3,07	Fuerte
2	18	3,07	Fuerte
3	28	3,07	Ligera
4	5	0,85	Ligera
5	5	0,85	Ligera
6	5	0,85	Moderada
7	8,5	1,45	Moderada
8	8,5	1,45	Moderada
	media	1,83	
	Desviación Estándar	1,05	

#### Anexo 4. Resultados de análisis experimental zona 2.

Muestra	pH	Conductivida d dS/m	Carbon o	Mat. Orgánica	Nitrógeno	Textura				
						40 seg (ml)	Arena %	2 horas (ml)	Arcilla %	Lim o %
1	6,6	0,33	5,85	10,12	0,51	1	98	1	2	0
2	7,8	0,56	5,46	9,44	0,47	2	96	1	2	2
3	7,5	0,57	6,63	11,47	0,57	2	96	1	2	2
4	9,7	3,36	7,41	12,82	0,64	4	92	2,5	5	3
5	6,3	1,25	2,34	4,05	0,20	4	92	1	2	6
6	6,4	0,25	2,96	5,13	0,26	7	86	3	6	8
7	5,2	0,16	5,85	10,12	0,51	4	92	1,5	3	5
8	5,8	0,23	5,85	10,12	0,51	5	90	2	4	6
9	6,2	0,17	7,80	13,49	0,67	3	94	1	2	4
10	8,4	0,63	3,90	6,75	0,34	12	76	2	4	20

11	7,5 4	0,43	6,63	11,47	0,57	7	86	3	6	8
12	6,5 8	0,17	7,57	13,09	0,65	3	94	2	4	2
13	5,9 1	0,57	6,63	11,47	0,57	4	92	2	4	4
14	6,7	0,25	6,71	11,60	0,58	2	96	1	2	2
15	6,9 4	0,34	7,18	12,41	0,62	3	94	1	2	4
<b>Promedios</b>	6,9 2	0,62	5,92	10,24	0,51		91,60		3,33	5,07
1T	6,4 6	0,49	3,35	5,80	0,29	4	92	1	2	6
2T	6,2	0,26	5,23	9,04	0,45	2	96	1	2	2
3T	6,0 1	0,39	6,71	11,60	0,58	3	94	1	2	4
4T	6,4 2	0,26	4,60	7,96	0,40	2	96	1	2	2
5T	6,3 9	0,28	4,06	7,02	0,35	7	86	2	4	10
6T	6,1	0,47	5,12	8,86	0,44	2	96	1	2	2
7T	6,3	0,39	4,18	7,23	0,36	3	94	1	2	4
8T	6,4	0,25	3,98	6,88	0,34	7	86	1	2	12

	4									
9T	6,0	0,28	4,09	7,07	0,35	6	88	1	2	10
	2									
10T	6,2	0,26	4,77	8,25	0,41	4	92	2	4	4
	4									
<b>Promedios</b>	6,2	0,3329	4,61	7,97	0,80		92		2,40	5,60
	6									

---

**Anexo 5. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método WDPT  
zona 2.**

<b>MÉTODO WDPT</b>					
<b>ZONA 2 - ÁREA DE QUEMA PRESCRITA</b>					
<b>N° Muestra</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>media</b>	<b>Clase WDPT</b>
1	19,47	11,05	9,39	13,30	Ligeramente Repelente al Agua
2	5,73	5,4	6,05	5,73	Ligeramente Repelente al Agua
3	11,58	14,46	22,23	16,09	Ligeramente Repelente al Agua
4	0,90	0,85	2,89	1,55	Hidrofílico
5	2,49	4,29	2,26	3,01	Hidrofílico
6	4,86	4,59	5,89	5,11	Ligeramente Repelente al Agua
7	0,27	0,13	0,13	0,18	Hidrofílico
8	0,23	0,27	0,13	0,21	Hidrofílico
9	601,00	623	615	613,00	Severamente repelente al agua
10	611,00	618	634	621,00	Severamente repelente al agua
11	65,00	68	76	69,67	Fuertemente Repelente al Agua
12	1,03	1,35	0,99	1,19	Hidrofílico
13	9,76	6,93	10,71	9,13	Ligeramente Repelente al Agua
14	48,49	58,47	42,09	49,68	Ligeramente Repelente al Agua
15	6,39	6,03	4,49	5,64	Ligeramente Repelente al Agua
<b>Media</b>				94,30	
<b>Desviación</b>				213,13	

**Anexo 6. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método WDPT  
testigo 2.**

<b>MÉTODO WDPT</b>					
<b>TESTIGO 2 - ÁREA DE QUEMA PRESCRITA</b>					
<b>N° Muestra</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>media</b>	<b>Clase WDPT</b>
<b>1T</b>	9,82	9,14	6,49	8,48	Ligeramente Repelente al Agua
<b>2T</b>	0,22	0,19	0,19	0,20	Hidrofílico
<b>3T</b>	4,41	2,97	2,75	3,38	Hidrofílico
<b>4T</b>	0,10	0,26	0,24	0,20	Hidrofílico
<b>5T</b>	0,49	0,63	0,27	0,46	Hidrofílico
<b>6T</b>	0,58	0,76	0,26	0,53	Hidrofílico
<b>7T</b>	0,48	0,67	0,31	0,49	Hidrofílico
<b>8T</b>	0,45	0,79	0,31	0,52	Hidrofílico
<b>9T</b>	1,49	0,39	0,42	0,77	Hidrofílico
<b>10T</b>	0,59	0,31	0,27	0,39	Hidrofílico
			media	1,54	
			Desviación Estándar	2,61	



## Anexo 7. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método MED zona 2.

MÉTODO MED			
ZONA 2 - QUEMA PRESCRITA			
Nº Muestra	% Etanol	MED	Clase
1	5	0,85	Ligera
2	3	0,51	Hidrofílico
3	5	1,45	Ligera
4	1	0,17	Muy Hidrofílico
5	1	0,17	Muy Hidrofílico
6	1	0,17	Hidrofílico
7	1	0,17	Hidrofílico
8	1	0,17	Hidrofílico
9	8,5	1,45	Moderada
10	8,5	1,45	Moderada
11	8,5	1,45	Moderada
12	1	0,17	Hidrofílico
13	1	0,17	Hidrofílico
14	8,5	1,45	Moderada
15	1	0,17	Hidrofílico
	media	0,66	
	Desviación Estándar	0,60	

**Anexo 8. Resultados de análisis de repelencia al agua por el método MED  
testigo 2.**

MÉTODO MED			
TESTIGO 2 - QUEMA PRESCRITA			
N° Muestra	% Etanol	MED	Clase
1T	1	0,17	Hidrofílico
2T	1	0,17	Hidrofílico
3T	1	0,17	Hidrofílico
4T	1	0,17	Hidrofílico
5T	1	0,17	Hidrofílico
6T	1	0,17	Hidrofílico
7T	1	0,17	Hidrofílico
8T	1	0,17	Hidrofílico
9T	1	0,17	Hidrofílico
10T	1	0,17	Hidrofílico
	media	0,17	
	Desviación Estándar	3E-17	

## Anexo 9. Archivo Fotográfico



Fotografía 1. Incendios forestales parroquia Lloa año 2012.



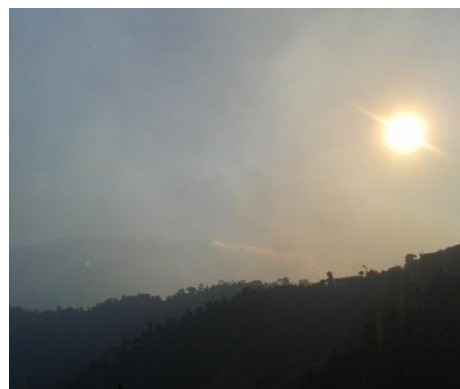
Fotografía 2. Incendio forestal km 28 vía Chiriboga-Lloa, año 2012.



Fotografía 3 y 4. Columnas de humo por presencia de incendios forestales año 2012.



Lloa año



Fotografía 5 y 6. Paisaje afectado por exceso de humo provenientes varios puntos de incendios forestales.



Fotografía 7 y 8. Incendio forestal parroquia Lloa 2012, por sus características corresponde al nivel 3 dentro de la categorización de incendios forestales Comité de Operaciones de Emergencias Quito.



Fotografía 9. Equipos de militares apoyando a la mitigación del fuego, sector San Juan de Chiriboga – Lloa.

Fotografía 10. Mecanismo de control del fuego mediante helicóptero equipado con bambi bag, sector San Juan de Chiriboga – Lloa.



Fotografía 11. Imagen de la zona 1 de muestreo, sector Guarumal – Lloa.





Fotografía 12 y 13: Vegetación afectada por el incendio forestal zona 1.



Fotografía 14 y 15. Ingreso al sitio de muestreo zona 1. Año 2014.





Fotografía 16. Color del suelo de la zona 1.



Fotografía 17. Repelencia real zona 1.



Fotografía 18. Capa de cenizas zona 1. Año 2014



Fotografía 19 y 20. Vista lateral del la zona 2. Año 2014



Fotografía 21. Vegetación afectada por la quema prescrita, zona 2. Año 2014



Fotografía 22. Repelencia real, zona 2.



Fotografía 23. Difusión de resultados, habitantes del Guarumal y Chiriboga. Año 2014.



Fotografía 24. Difusión de resultados, habitantes del Guarumal y Chiriboga, recorrido por el sector.